DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang | 7. Januar 1927 | Heft 1

Über den heutigen Stand des Carcinomproblems[1]).

Von Otto Warburg, Berlin-Dahlem.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.

I.

Krebs entsteht unter dem Einfluß der verschiedenartigsten äußeren Ursachen. Fast kann man sagen, daß jede chronische Schädigung, die nicht stark genug ist, um Zellen zu töten, Krebs erzeugt. Hierbei sind die Wirkungen streng lokal, an der geschädigten Stelle und nur an dieser entsteht der Krebs. Dies lehren unzählige klinische Erfahrungen, aber am einwandfreisten beweist es die Entdeckung von Yamagiva, daß man durch Teerung der Haut künstlich Krebs erzeugen kann.

Trotz Teerkrebs und Röntgenstrahlenkrebs gibt es noch heute Infektionstheorien, deren neueste die Theorie von Dr. Gye ist. Nach Gye existiert ein ubiquitärer und ultramikroskopischer Organismus, der in Verbindung mit einem unbelebten Faktor den Krebs erzeugt. Die Theorie von Gye ist logisch aufgebaut, aber, soviel ich sehen kann, experimentell nicht begründet. Es ist richtig, daß Gye eine aus Rous-Sarkomen gewonnene Flüssigkeit auf das 10^{15}fache verdünnte, aber es ist nicht richtig, daß Gye, wie man oft in Referaten liest, mit diesen verdünnten Flüssigkeiten Tumoren erzeugen konnte. Zur Erzeugung von Rous-Sarkomen war vielmehr in Gyes Versuchen immer das unverdünnte Sarkomextrakt notwendig. Deshalb geht die Arbeit von Gye experimentell nicht wesentlich über die Arbeit von Peyton Rous aus dem Jahre 1911 hinaus.

Weniger streng als die Theorie von Gye ist eine andere Infektionstheorie, die an die Tumefaciens-Versuche von Irwin Smith und von F. Blumenthal anknüpft. Es wird zugegeben, daß Krebs auch ohne Mitwirkung eines körperfremden Organismus entsteht, aber es wird zur Diskussion gestellt, ob unter den krebserregenden Reizen die bakteriellen nicht die häufigsten seien. Je häufiger die bakteriellen Reize wären und je spezifischer die Bakterienarten, von denen sie ausgingen, um so mehr wäre der Krebs eine Infektionskrankheit, zwar nicht in dem strengen Sinn von Pasteur, aber doch für den praktischen Mediziner. Was hier zur Diskussion gestellt wird, ist eine Frage der Krebsstatistik. Ich kann nicht finden, daß sie zugunsten der Theorie spricht.

Hält man sich an die Tatsachen, so gibt es weder einen spezifischen Krebserreger, noch überwiegen unter den krebserregenden Ursachen die bakteriellen. Dies ist das wichtige, wenn auch negative Ergebnis einer Epoche, in der man versuchte, die Methoden der Bakteriologie und bakteriellen Immunität auf das Carcinomproblem anzuwenden.

II.

Wenn der Krebs keine Infektionskrankheit ist, so ist das Carcinomproblem ein zellphysiologisches Problem im engeren Sinn, und die Carcinomforschung wird sich in dem Maße entwickeln, als sich die Physiologie der Körperzellen entwickelt. Es sind also die Methoden zur physiologischen Untersuchung von Körperzellen, auf die es ankommt. Solche Methoden sind in den letzten Jahren ausgearbeitet und auf das Carcinomproblem angewendet worden.

Über den Angriffspunkt sei einiges vorausgeschickt. Wir sprechen in der Physiologie von energieliefernden chemischen Reaktionen und meinen damit Reaktionen, die die treibenden Kräfte für die Tätigkeit der Zelle liefern. Wir unterscheiden sie von anderen Reaktionen, bei denen zwar auch Energie frei wird, deren Energie aber von der Zelle nicht ausgenutzt werden kann. Zu der ersten Gruppe gehören die Sauerstoffatmung und die Gärungen, zu der zweiten Gruppe alle übrigen Reaktionen, im besonderen die Hydrolysen, wie die hydrolytische Eiweiß-, Fett-, Polysaccharidspaltung.

Man kann nicht sagen, daß die Hydrolysen unwichtiger sind, als die energieliefernden Reaktionen. Aber sie sind vorbereitende Reaktionen und stehen als solche in keinem direkten Zusammenhang mit der Tätigkeit der Zelle. Deshalb sind die energieliefernden Reaktionen physiologisch interessanter. Es ist das Gebiet der energieliefernden Reaktionen, auf dem das Carcinomproblem angegriffen worden ist, und wenn im folgenden von dem „Stoffwechsel" der Carcinomzelle die Rede ist, so sind immer nur die energieliefernden chemischen Reaktionen gemeint.

III.

Untersucht man in vitro — in sauerstoffhaltigem Serum — den Stoffwechsel der Gewebe, aus denen Carcinome entstehen, das Epithel der Haut, der Schleimhaut und der Drüsen, so findet man, daß sie wie der ganze Körper atmen. Untersucht man unter den gleichen Bedingungen Carcinomgewebe, so findet man neben der Atmung eine Gärung, und zwar Milchsäuregärung.

Das erste Versuchsobjekt war das Flexner-Joblingsche Rattencarcinom, das zweite das Jensensche Rattensarkom, das dritte das Roussche Hühnersarkom. Alle 3 Tumoren gären quali-

[1]) Nach einem Vortrag, der am 16. Oktober vorigen Jahres vor dem Kongreß für Stoffwechselkrankheiten in Berlin gehalten wurde.

tativ und quantitativ gleich, pro Stunde werden rund 10% des Tumorgewichtes an Milchsäure gebildet. Die Gärung hat mit Nekrose nichts zu tun, da nekrotische Tumorzellen nicht gären, und sie hat mit Bakterien nichts zu tun, da die 3 Tumoren, sachgemäß transplantiert, bakterienfrei sind. Wie die Krebszellen von Ratte und Huhn, so verhalten sich die Krebszellen des Menschen. Krebszellen, die nicht gären, haben wir nicht gefunden. Die Gärung ist eine Eigenschaft, die allen Krebszellen gemeinsam ist, unabhängig von Tierart, Ursprungsgewebe und Entstehungsreiz.

Eine Kontroverse entstand wegen der Gärung der menschlichen Krebszellen. Das Gewebe, das der Chirurg als Krebsgewebe exstirpiert, besteht in der Regel nur zu einem kleinen Teil aus Krebszellen, es ist verunreinigt mit Ursprungsgewebe, Bindegewebe und Nekrosen. Gute Stämme transplantierter Tumoren sind fast Reinkulturen von Krebszellen. Deshalb gärt Krebsgewebe aus transplantierten Tumoren im allgemeinen stärker, als das Krebsgewebe der Chirurgen, und deshalb findet jeder leicht die wahre Gärungsgröße der Krebszelle in transplantierten Tumoren, aber schwieriger und nur unter sorgfältiger histologischer Kontrolle in den Spontantumoren. Berücksichtigt man dies, so wird man die Angaben meines früheren Mitarbeiters KARL POSENER, der die Gärung menschlicher Krebszellen zuerst gemessen hat, immer bestätigt finden.

Was hier noch zur Diskussion steht, sind lediglich die feineren quantitativen Verhältnisse, die Frage, in welchen Grenzen die Gärung der verschiedenen Krebszellen gleich ist. Die bisher vorliegenden Versuche reichen zur Entscheidung dieser Frage nicht aus. Meine Meinung ist, daß alle Carcinomzellen nahezu gleichstark gären, während es sein mag, daß die Gärung der Sarkomzellen, je nach ihrer Herkunft, verschiedener ist.

IV.

Die ersten, die sich die Aufgabe stellten, die in vitro gefundene Gärung der Tumoren im lebenden Tier nachzuweisen, waren C. und F. CORI. Sie bestimmten die Milchsäure in den Axillarvenen von Hühnern, deren einer Flügel ein ROUS-Sarkom trug, und fanden auf der Tumorseite in 100 ccm Blut im Mittel 16 mg Milchsäure mehr, als auf der Normalseite. Ein entsprechender Versuch an einem Menschen mit Unterarmsarkom ergab auf der Tumorseite 9 mg Milchsäure mehr.

CORIS Anordnung war noch nicht ganz beweisend, da man an Stauungsmilchsäure aus dem Muskel denken konnte. Auch waren die Ausschläge, verglichen mit dem Milchsäuregehalt der Venen, klein. Ich habe mich deshalb, gemeinsam mit Dr. WIND, nochmals mit der Frage beschäftigt und mich vor allem bemüht, möglichst reines Tumorblut, nicht ein Gemisch von Tumorblut und Normalblut, zur Analyse zu erhalten. Als Versuchsmaterial benutzten wir Ratten mit großen Bauchtumoren, punktierten direkt die auf den Tumoren liegenden Venen und verglichen den Milchsäuregehalt dieser Venen und der Aorta. Wir fanden in allen uns zugänglichen Normalvenen ebensoviel oder weniger Milchsäure, als in der Aorta, aber in den Tumorvenen in jedem Fall mehr Milchsäure als in der Aorta, im Mittel 2—3mal soviel. Diese Ausschläge sind so groß, daß es sicher ist, daß die Tumoren auch im lebenden Tier gären. Trotzdem häuft sich, wie beiläufig bemerkt sei, die Tumormilchsäure im Blut nicht an, da sie von den normalen Körperzellen immer wieder beseitigt wird. Quantitative Versuche zu dieser Frage verdanken wir Dr. BRUNO MENDEL.

Es wäre erwünscht, wenn die Tumorvenenversuche gelegentlich am Menschen wiederholt würden. Die Schwierigkeit ist hier der geeignete Fall, ein nicht nekrotischer und nicht zu kleiner Medullarkrebs mit übersichtlich verlaufenden Venen.

V.

Der Begriff der Gärung ist seit PASTEUR untrennbar mit der Idee der Anaerobiose verbunden. „Die Gärung ist", sagt PASTEUR, „das Leben ohne Sauerstoff", ein Ausspruch, der auch für die Krebszelle wahr ist. Ich möchte das durch zwei Versuche erläutern.

Dr. OKAMOTO brachte Tumorschnitte in körperwarme Ringerlösung, aus der der Sauerstoff durch Stickstoff ausgetrieben war, und transplantierte nach 24stündiger Anaerobiose. Enthielt die Ringerlösung Glucose, so gingen die Tumoren mit normaler Impfausbeute an, enthielt die Ringerlösung keine Glucose, so gingen die Tumoren nicht an. Die Tumorzelle kann also eine Zeitlang ausschließlich auf Kosten der Gärung existieren.

Dr. WIND untersuchte das anaerobe Verhalten von Tumorzellen in CARRELschen Kulturen. Sein Versuchsmaterial waren ROUS-Sarkome, die frisch aus dem Körper entnommen oder monatelang nach ALBERT FISCHER in Deckglaskultur gezüchtet worden waren. Besonderes Gewicht wurde auf möglichst vollständigen Ausschluß des Sauerstoffes gelegt. In die Kulturgefäße wurde das wirksamste Sauerstoffabsorptionsmittel, das wir haben, gelber Phosphor, gebracht. Dann wurde im Stickstoffstrom zugeschmolzen. Gelber Phosphor leuchtet, während er Sauerstoff absorbiert, und zwar sieht man nach STRUTT Phosphor in Sauerstoff leuchten, bis der Sauerstoffgehalt unter $^1/_{100000}$ Vol.% gesunken ist. In Dr. WINDS Versuchen war das Leuchten des Phosphors kurze Zeit nach dem Zuschmelzen erloschen, ein Beweis, daß die Kulturgefäße weniger als $^1/_{100000}$ Vol.% Sauerstoff enthielten.

In diesen Gefäßen wuchs das Sarkom 48 Stunden lang normal und konnte dann ohne Zeichen von Schädigung in Deckglaskulturen aerob weiter gezüchtet werden. Das ROUS-Sarkom ist also imstande, 48 Stunden lang ausschließlich auf Kosten der Gärung zu wachsen, d. h., die Energie der Gärung für diejenige Tätigkeit auszunutzen, die charakteristisch für die Krebszelle ist.

Bei längerer Dauer der Anaerobiose geht das Sarkom zugrunde. Es verhält sich in dieser Hinsicht wie der erste fakultative Anaerobiont, den die Wissenschaft kannte, die Kulturhefe, die auch sonst unter den niederen Organismen das beste Analogon der Krebszelle ist. Hefe- und Krebszelle gären nicht nur bei Sauerstoffmangel, wie viele andere fakultative Anaerobionten, sondern sie gären immer, sowohl bei Sauerstoffmangel als auch bei Sättigung mit Sauerstoff. Demgegenüber erscheint es zellphysiologisch unwesentlich, daß die Spaltungsprodukte des Zuckers in der Krebszelle zu Milchsäure, in der Hefezelle zu Alkohol und Kohlensäure stabilisiert werden.

Die Fähigkeit der Krebszelle, zeitweise ohne Sauerstoff zu wachsen, muß für ihre Ausbreitung im Körper von Bedeutung sein, wie es ja allgemein für die Ausbreitung von Zellen in Nährlösungen wesentlich ist, ob sie ohne Sauerstoff wachsen können oder nicht. Impft man obligat aerobe Zellen in ein Bouillonröhrchen, so wachsen Zellen nur an der Oberfläche, impft man fakultativ anaerobe Zellen, so wird das ganze Röhrchen von Zellen durchwachsen. Im ersten Fall ist das Wachstum beschränkt durch die Diffusion des Sauerstoffes, im zweiten Fall ist es unbeschränkter und formloser.

Sicher ist mit der Befähigung zur Anaerobiose die Bedeutung der Gärung für die Tumorzelle nicht erschöpft, sondern es wird hier außerdem noch eine Rolle spielen, daß die Gärung unter aeroben Bedingungen persistiert. Charakteristisch für die Tumorzelle ist nicht die Gärung schlechthin, sondern die Gärung in Sauerstoff. Vielleicht trifft hier ein Gedanke das richtige, den Dr. BIERICH ausgesprochen hat. BIERICH vermutet, daß die von dem Tumor entwickelte Milchsäure die Zellen der Umgebung durch Säurewirkung schädigt und so den Weg für die Ausbreitung der Tumoren frei macht. Versuche, die diese Vermutung begründen, fehlen. Was gezeigt werden muß, ist nicht, daß man Körperzellen durch Milchsäure töten kann — das ist selbstverständlich —, sondern daß solche Verschiebungen der Acidität, wie sie sich im Körper in der Umgebung der Krebszellen herausbilden, für normale Zellen schädlich sind.

VI.

Wenn wir mit unseren Kenntnissen über den Stoffwechsel der Krebszelle an die Frage nach dem Ursprung des Carcinoms herangehen, so haben wir den Vorteil, daß eine meßbare und für das Carcinom charakteristische Eigenschaft vorliegt. Statt wie früher nach dem Ursprung einer Erscheinung fragen zu müssen, deren Natur man nicht kannte, haben wir jetzt in dem Stoffwechsel einen Angriffspunkt und können, statt nach dem Ursprung des Krebses, nach dem Ursprung der Gärung fragen.

Dabei bewährt sich ein Prinzip, das man folgendermaßen entwickeln kann: Es steht experimentell fest, daß der Krebs aus normalen Körperzellen entsteht. Der Krebs gärt, die Ursprungsgewebe gären nicht. Wir verwerfen die Idee, daß Teer, Röntgenstrahlen, Arsen, und alle die anderen carcinombildenden Schädigungen Gärung neu erzeugen, nehmen vielmehr an, daß die Fähigkeit zu gären in dem normalen schon vorhanden ist. So entsteht die Aufgabe, die Carcinomgärung in den Ursprungsgeweben des Carcinoms, dem normalen Epithel oder Bindegewebe, qualitativ und quantitativ zu suchen.

Wir überschätzen dabei nicht die Bedeutung des Stoffwechsels, sondern benutzen die Stoffwechselanalyse als Methode etwa so, wie der Chemiker die Spektralanalyse benutzt. So wenig die Emission von Spektrallinien die einzige wichtige Eigenschaft von Atomen ist, so wenig ist natürlich der Stoffwechsel die einzige wichtige Eigenschaft von Zellen.

VII.

LIEBIG fand, daß der Körper unter seinen normalen Lebensbedingungen keine Milchsäure ausscheidet, sondern umgekehrt eingeführte Milchsäure zum Verschwinden bringt. LIEBIG und nach ihm besonders ARAKI fanden ferner, daß dies nur gilt, wenn die Gewebe mit Sauerstoff gesättigt sind. Bei Mangel an Sauerstoff, in der Erstickung, scheidet der Körper große Mengen an Milchsäure aus.

Nimmt man die Ursprungsgewebe des Carcinoms, das Epithel der Haut, der Schleimhaut und der Drüsen, aus dem Körper heraus und untersucht ihren Stoffwechsel in der Erstickung, so findet man immer Milchsäuregärung, jedoch in viel schwächerem Maße als in der Krebszelle. Erstickte Darmschleimhaut bildet pro Stunde etwa 1% ihres Gewichtes an Milchsäure, ein Darmcarcinom, das aus der Schleimhaut entstanden ist, etwa 10%. In ähnlichem Maße übertrifft die Gärung eines Hautcarcinoms die Gärung erstickter Haut. Wir finden also die Gärung qualitativ in den Ursprungsgeweben wieder, nur verdeckt durch die Sauerstoffatmung. Qualitativ ist der Carcinomstoffwechsel der Erstickungsstoffwechsel des normalen.

Dieses Ergebnis befriedigt nicht unser Prinzip, das quantitative Übereinstimmung verlangt. So wenig wir uns denken können, daß Teer, Röntgenstrahlen, Arsen usw. Gärung, die nicht vorhanden ist, erzeugen, so unwahrscheinlich ist es, daß sie alle die Gärung um 1000% beschleunigen. Beschleunigungen von energieliefernden Reaktionen in diesem Maße kommen bei der Befruchtung tierischer Eier vor, aber Gifte und Schädigungen beschleunigen die energieliefernden Reaktionen von Körperzellen nicht, sondern hemmen sie nur.

Wenn nun die Gärung des Carcinoms zehnmal so groß ist, als die Gärung der Ursprungsgewebe und trotzdem die Gärungsbeschleunigung, als in Widerspruch mit der Erfahrung, abzulehnen ist, so bleibt nur der Ausweg, daß die Zellen der Ursprungsgewebe ungleich gären, einige sehr stark, die Hauptmenge schwach. Für diese Betrachtungsweise spricht das histologische Bild von Haut und Darmschleimhaut, in dem man die Ungleich-

artigkeit der Zellen sieht und in dem man bekanntlich zwischen wachsenden und nicht wachsenden Zellen unterscheiden kann.

Die experimentelle Prüfung kam auf die Frage hinaus, ob es im Körper Epithel oder Bindegewebe gibt, das — in der Erstickung — ebenso stark gärt, wie Krebsgewebe. Von vornherein richteten wir dabei unsere Aufmerksamkeit auf die wachsenden Zellen und fanden bald, daß junges Epithel stärker gärt, als altes Epithel. Die größte Gärung fanden wir dort, wo die wachsenden Zellen in größter Konzentration vorhanden sind, im embryonalen Gewebe. Hühnerembryonen von einigen Milligrammen gärten in der Erstickung etwa ebenso stark, wie die Tumoren. Die Gärung gleichschwerer Rattenembryonen war kleiner, als die Gärung der Tumoren. Doch zeigte sich in einer Arbeit von NEGELEIN, daß die Gärung der Rattenembryonen am Anfang der Entwicklung rapid abfällt, und daß man auf sehr frühen Entwicklungsstadien auch hier fast genau die Gärung der Tumoren findet.

Es ist also beim Absuchen des Körpers nach der Tumorgärung eine bisher unbekannte Eigenschaft wachsender Körperzellen, nämlich ihre Fähigkeit, in der Erstickung zu gären, entdeckt worden und es ist weiterhin eine Zahl, nämlich die Größe der embryonalen Gärung, vorausgesagt und gefunden worden. Der Carcinomstoffwechsel ist quantitativ der Erstickungsstoffwechsel normaler wachsender Körperzellen, und wenn wir, auf Grund dieser quantitativ-chemischen Übereinstimmung, das Carcinom von den wachsenden und stark gärenden Körperzellen ableiten, so haben wir eine Erklärung dafür, daß das Carcinom wächst und daß es gärt.

VIII.

Es bleibt noch die Frage der Erstickung. Der Carcinomstoffwechsel und der Stoffwechsel der wachsenden Zelle stimmen nur in der Erstickung überein, nicht aber in Sauerstoff, wenn die Zellen atmen. Die Atmung der Carcinomzelle ist, im Gegensatz zur Atmung der embryonalen Zelle, unfähig, die Gärung zu verdecken. Sie ist entweder kleiner oder sie ist weniger wirksam, als in der normalen wachsenden Zelle.

Der Versuch entscheidet zugunsten der ersten Möglichkeit. Wie in dem Muskel nach MEYERHOF immer ein Molekül veratmeten Sauerstoffes 2 Moleküle Milchsäure zum Verschwinden bringt, so haben wir auch in der Carcinomzelle das Verhältnis 1 Sauerstoff : 2 Milchsäure. Nicht weil die Atmung der Carcinomzelle zu unwirksam, sondern weil sie zu klein ist, ist sie unfähig, die Gärung zu verdecken, ein durch Hunderte von Messungen gesichertes Ergebnis. Die Carcinomzelle ist eine wachsende Körperzelle, deren Atmung geschädigt ist.

Um also den Carcinomstoffwechsel aus dem normalen zu erzeugen, muß man die Atmung wachsender Zellen elektiv schädigen, d. h. so schädigen, daß die Gärung nicht getroffen wird. Es ist leicht, diese Wirkung in vitro hervorzubringen und damit das, was im Körper unter dem Einfluß der carcinombildenden Reize geschieht, unter einfacheren Bedingungen zu wiederholen. Bringt man beispielsweise einen Embryo einige Zeit in Stickstoff und dann in Sauerstoff zurück, so ist die Atmung geschädigt, die Gärung unverändert. Die Folge ist, daß die Atmung nicht mehr ausreicht, um die Gärung zu verdecken, also Carcinomstoffwechsel. Zu den Giften, mit denen man die Atmung elektiv schädigen kann, gehört nach Versuchen von Dr. DRESEL die arsenige Säure, zu den mechanischen Schädigungen das Zentrifugieren, z. B. von Leukocyten. Allgemein hat sich gezeigt, daß die Atmung empfindlicher ist als die Gärung, so daß die allerverschiedenartigsten Schädigungen wie im Körper bei der Carcinombildung, so auch in vitro den Carcinomstoffwechsel erzeugen.

IX.

So wenig, wie im Körper bei jeder Schädigung Carcinom entsteht, so wenig entstehen in vitro bei jeder Atmungsschädigung aus wachsenden Zellen Carcinomzellen. Wahrscheinlich ist die Regel, daß man die Zelle tötet, wenn man ihre Atmung schädigt.

Immerhin liegen zwei bemerkenswerte Arbeiten vor, in denen Krebszellen in vitro durch Schädigung wachsender Zellen erzeugt wurden. CARREL behandelte Hühnerembryonen mit Arsen und anderen Giften und injizierte sie dann Hühnern. Er fand, daß metastasierende Sarkome entstanden, an denen die Hühner in einigen Wochen zugrunde gingen.

ALBERT FISCHER ließ auf embryonale Milz in Gewebekultur Arsen einwirken und fand, daß Zellen entstanden, die in der Kultur das Verhalten von Tumorzellen zeigten. Wurden diese Kulturen Hühnern injiziert, so entwickelten sich Sarkome.

In beiden Fällen waren es stark gärende Zellen, aus denen die Tumorzellen erzeugt wurden, das Ergebnis beider Versuche liegt ganz in der Richtung der hier entwickelten Auffassung von der Entstehung der Tumoren.

X.

Ich habe versucht, in diesem Referat zu zeigen, wie die Krebsforschung durch Anwendung der zellphysiologischen Methoden ein Gebiet geworden ist, auf dem Physik und Chemie, Maß und Zahl der Dinge herrschen. Schon jetzt kann man nicht mehr sagen, daß die Natur der Krebszelle unbekannt sei. Wir wissen heute von der Krebszelle etwa ebensoviel wie von der Hefezelle und mehr als von irgendwelchen anderen erkrankten Körperzellen.

Die Ursache des Carcinoms sehe ich in der anaeroben Komponente des Stoffwechsels normaler wachsender Körperzellen sowie in dem Umstand, daß diese Komponente gegen Schädigungen widerstandsfähiger ist, als die Atmung. So kommt es, daß alle Schädigungen, denen der Körper unterworfen ist, die anaerobe Komponente aus dem normalen herauszüchten und damit Zellen von den Eigenschaften der Carcinomzellen.

Frankreich und die École Polytechnique in den ersten Jahrzehnten des neunzehnten Jahrhunderts[1]).

Von FELIX KLEIN, Göttingen.

Um die ferneren Darlegungen verständlich zu machen, wird es nötig sein, einiges über das Wesen und die Organisation der *École Polytechnique* in Paris zu sagen. Ich halte mich dabei an den Grundplan der Schule, ohne die vielfachen Einzelveränderungen seit der Zeit ihres Bestehens zu berücksichtigen.

Man denkt sich unter der École Polytechnique häufig ein Analogon oder auch das Urbild unserer technischen Hochschulen. Wenn sich auch ein sehr bedeutender Einfluß aus dieser Richtung auf unsere Verhältnisse nicht leugnen läßt, so ist eine solche Gleichsetzung doch nur in beschränktem Maße richtig. Insbesondere ist bei uns die militärische Seite der Ausbildung, die an der École Polytechnique eine sehr große Rolle spielt, völlig zurückgetreten.

Die Schule wurde gegründet in der ärgsten Revolutionszeit, als die Auflösung aller Bildungsstätten, der fortwährende Verlust an jungen, kräftigen, zum Kriegsberuf vorgebildeten Männern eine Ergänzung eben in dieser Hinsicht dringend forderte. Diesem Ursprung verdankt die Schule ihren militärischen Zuschnitt, ihre enge Fühlung mit den Bedürfnissen des Staates, Dinge, die selbstverständlich auf den Unterricht und den Geist der Anstalt von dauerndem großem Einfluß sein mußten. Die Schule war dazu da, die Offiziere für das Revolutionsheer und später für NAPOLEONS Armee heranzubilden. Nur durch Betonung dieses Zweckes und auf Grund eines streng republikanischen Patriotismus, der theoretisch nicht einmal den Vorrang des Talentes anerkannte, war es 1794 möglich, die Erlaubnis zur Gründung der Schule zu erhalten, die sich nun, eben durch ihre militärische Tendenz, durch alle Stürme der wechselnden Verfassung hindurch am Leben erhielt; ganz zu schweigen von den materiellen Schwierigkeiten in einer Zeit, wo Geld wertlos war und nur in Naturalien Subsidien geschafft werden konnten. Trotz der enormen kriegerischen Ansprüche, die Lehrer- und Schülermaterial verschlangen, Notexamina, abgekürzte Ausbildung usw. zur gewohnten Erscheinung machten — NAPOLEON gebot schließlich Einhalt mit dem Ausspruch: man dürfe nicht die Henne schlachten, die ihm die goldenen Eier lege —, wuchs die Schule unablässig an Ausdehnung und Bedeutung, und entwickelte sich zu einem der wichtigsten Geistesfaktoren des neunzehnten Jahrhunderts.

Sieht man sich nach den Männern um, die dieses gewaltige Stück Arbeit schufen, so ist an erster Stelle der Geometer und Verwaltungsmann MONGE (1746—1818) zu nennen, der bis zu seinem Tode die eigentliche Antriebskraft des großen Werkes war. Durch ihn, der schon vor seiner Pariser Zeit an der Militärschule zu Mezières den Unterricht in der darstellenden Geometrie methodisch durchgebildet hatte, wurde der Impuls zur Weiterentwicklung einer modernen, auf die Wirklichkeit gerichteten Geometrie in eine zahlreiche, aufstrebende Zuhörerschaft getragen. Seine wissenschaftliche Wirkung geht weit über die Grenzen seiner Schule und seines Vaterlandes hinaus und gibt den Anstoß zu der bald einsetzenden Entwicklung der Geometrie auch in Deutschland. Selbst ich bin durch meinen Lehrer PLÜCKER noch in MONGES Traditionen aufgewachsen. Dem wissenschaftlichen und pädagogischen Wirken MONGES hält aber sein Verwaltungs- und Organisationsinteresse durchaus die Wage. Wiederholt war er mit wichtigen Staatsämtern betraut, und auch unter NAPOLEONS Regime, dessen Vertrauen er genoß, behielt er seine öffentliche Tätigkeit. Für eine Zeit hat er den Posten des Marineministers inne, er beteiligt sich an der ägyptischen Expedition, dann wieder leitet er eine umfangreiche Pulverfabrikation in die Wege. Wir sehen, damals war der Mathematiker und Ingenieur der Mann des Tages, wie es jetzt bei uns nur etwa der Jurist sein kann.

Der Charakter einer Schule, in der ein solcher Mann den entscheidenden Einfluß ausübt, ist, wie zu erwarten steht, wesentlich aufs praktische Leben gerichtet. Dies zeigt sich in der Organisation des Unterrichtes, die ganz auf höchste Anspannung der Kräfte, auf möglichst bedeutende Fachleistung abzielt. Welcher Gegensatz zu dem Ideal einer allseitig harmonischen Durchbildung der Persönlichkeit, wie es dem achtzehnten Jahrhundert vorschwebte! Alle Mittel der Strenge, der Anstachelung des Ehrgeizes, der glänzenden Lebensaussicht werden hier herangezogen, um die Kräfte aufs äußerste zu entfalten. Die Kenntnisse werden bis zur wirklichen Beherrschung des Stoffes in die Köpfe hineingetrieben. So stehen neben den Professeurs die Répétiteurs, welche die Vorträge erläutern und abfragen. Und schließlich haben die Examinateurs die Aufgabe, in einer äußerst strengen, eingehenden Abgangsprüfung, der sich jeder Kandidat einzeln unterziehen muß, die erzielten Leistungen festzustellen. POISSON pflegte

[1]) Soeben erscheinen im Verlage von Julius Springer Vorlesungen von FELIX KLEIN über die Entwicklung der Mathematik und mathematischen Physik im neunzehnten Jahrhundert. Wohl noch nie vorher hat ein produktiver Forscher ersten Ranges in so faszinierender Weise Geschichte seiner Wissenschaft geschrieben. KLEINS Werk wird sicherlich weit über die Kreise der exakten Naturwissenschaftler und der Mathematiker hinaus einen großen Eindruck hervorrufen. Der hier mit Erlaubnis des Verlages abgedruckte Auszug aus dem 2. Kapitel mag den Lesern der NATURWISSENSCHAFTEN ein Bild von dem Geiste der KLEINschen Geschichtsbeschreibung geben. R. COURANT.

am Jahresschluß während vier Wochen täglich neun Stunden durch diese Prüfungen in Anspruch genommen zu sein.

Der Organisation des Unterrichtes entspricht der zielbewußte, gewaltige Anforderungen stellende Lehrplan. In den ersten Jahrzehnten, die uns hier interessieren, steht die Mathematik durchaus im Vordergrund, und zwar umfaßt

Reine Analysis	108	Doppelvorträge (zu je $1^1/_2$ Stunden)
Anwendung der Analysis auf Geometrie	17	
Mechanik	94	
Darstellende Geometrie	153	
Zeichnen	175	
	547	Doppelvorträge (zu je $1^1/_2$ Std.).

Eine Umrechnung auf deutsche Verhältnisse ergibt etwa das Besuchen von fünf vierstündigen Kollegs nebeneinander als entsprechende Beanspruchung. Rechnen wir dazu die ständigen Repetitionen, so können wir uns ein Bild von der Arbeitslast eines Polytechnicien machen.

Da in diesen erstaunlichen Betrieb die bedeutendsten Mathematiker Frankreichs als Lehrer berufen wurden, so ist es nicht verwunderlich, daß die Leistung der Schule bald auf eine ganz außerordentliche Höhe stieg. Der Eifer der jungen Leute, die in organisierten Übungen, durch persönliche Bezugnahme in Zeichensaal und Laboratorium dem unmittelbaren Einfluß anfeuernder und bedeutender Lehrer ausgesetzt waren, trug das seinige dazu bei. Nach außen wurde das Leben dieser Schule um so wirksamer, als es Gesetz war, die Vorlesungen zu veröffentlichen. Die große Mehrzahl der führenden Lehrbücher der höheren Mathematik zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts ist aus dem Unterrichtsbetrieb der École Polytechnique hervorgegangen, und aus dieser Quelle sind sozusagen alle unsere heutigen Lehrbücher abgeleitet (vgl. KLEIN-SCHIMMACK, Der mathematische Unterricht in den höheren Schulen, S. 176ff.).

Der Einfluß eines so intensiven Betriebes auf die gesamte Wissenschaft konnte nicht ausbleiben. Tatsächlich ist fast alles, was in den ersten Jahrzehnten des neunzehnten Jahrhunderts in Mathematik, Physik und Chemie in Frankreich geleistet wurde, aus der École Polytechnique hervorgegangen. Dem Wesen der Schule nach steht die angewandte Mathematik zuerst in Blüte. Ich möchte darum die Resultate, die dieser gewaltige Aufschwung gezeitigt hat und zu deren Betrachtung ich mich jetzt wenden möchte, in folgender Reihenfolge vorführen:

1. Mechanik und mathematische Physik.
2. Geometrie.
3. Analysis und Algebra.

Mechanik und mathematische Physik.

Die Zeit, die wir betrachten, steht unter der Nachwirkung der großen astronomischen Epoche des achtzehnten Jahrhunderts, die in den Werken von LAGRANGE und LAPLACE ihre klassische Zusammenfassung gefunden hatte. Von bedeutendem Einfluß sind noch die durch LAPLACE geschaffenen ersten erfolgreichen Ansätze, die astronomischen Methoden auf das Verhalten der physikalischen Körper, die man als Molekularaggregate auffaßt, zu übertragen, so etwa in der Theorie der Capillarität. Daneben freilich geht von EULER und LAGRANGE ein Einfluß aus in Richtung der „phänomenologischen Auffassung" des physikalischen Geschehens. Die Physik wandte übrigens, in den Traditionen COULOMBS stehend (1736—1806), ihr Interesse ausschließlich der quantitativen Festlegung qualitativ bekannter Erscheinungsklassen zu. Von den Arbeiten zur Bestimmung des Meters ist schon gesprochen worden. Ähnlich heftete sich das Interesse an die Fixierung der übrigen metrischen Einheiten, der Länge des Sekundenpendels u. a. m.

Da bricht plötzlich in den ersten Jahrzehnten des neuen Jahrhunderts eine gewaltige Entdeckungsperiode an. Sie setzt ein mit der *Optik*. Nach der Entdeckung der Polarisation des Lichtes durch MALUS, 1808, beginnt von 1815 ab das Genie von FRESNEL sich wirksam zu entfalten. (FRESNEL 1788—1827, vgl. übrigens den Artikel von WANGERIN, Enzykl. V 21). Er entdeckt die Transversalität der Lichtschwingungen, denen er einen quasielastischen Äther als Medium unterlegt. Er beobachtet und erklärt die Lichtfortpflanzung auch in zweiachsigen Krystallen, die Zirkularpolarisation in Quarz, die Erscheinungen der Aberration und schafft die ausführlichen Formeln zur Theorie der Reflexion. 1821 beginnt dann mit OERSTEDS Entdeckung die überwältigend rasche Entwicklung des *Elektromagnetismus* und der *Elektrodynamik*, wie ich es an anderer Stelle schon dargelegt habe. Ihre klassische Darstellung findet die junge Theorie in dem 1826 (in Paris) erschienenen Werk von AMPÈRE (1775—1836): *Théorie des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*. Dieser Titel mag einigermaßen erstaunen, wenn der Leser erfährt, daß AMPÈRE nicht eins der beschriebenen Experimente wirklich ausgeführt hat. Für ihn hatte das „Experiment" im wesentlichen einen rein methodischen Wert, dem die bloße gedankliche Ausführung genügte. Auch für diese Entwicklung möchte ich auf einen Enzyklopädieartikel hinweisen, nämlich den von REIFF und SOMMERFELD (V 12).

Von dem Ansturm dieser physikalischen Entdeckungen ging eine starke Anregung aus auf die mathematische Produktivität; denn das Gewirr und Gewoge der sich überstürzenden neuen Vorstellungen und Theorien bedurfte dringend der ordnenden Hand des Mathematikers. Hier setzen nun die Männer ein, deren Werk zu betrachten jetzt auf unserem Wege liegt[1]).

[1]) Ausführliche zeitgenössische Biographien finden sich in ARAGOS Werken, insbesondere Bd. 1 und 2, deutsch herausgeg. von HANKEL, Leipzig 1854.

Es sind vor allem drei Mathematiker zu nennen und zu charakterisieren, die historisch koordiniert erscheinen, trotzdem sie bei Lebzeiten fast in fortwährender Polemik miteinander verwickelt waren: POISSON, FOURIER und CAUCHY.

POISSON (1781—1840) ist der typische Vertreter des Polytechnicien; er gehörte seiner Schule der Reihe nach als Schüler, Repetent, Professor und Examinator an. Als Lehrer dieser Anstalt schuf er den regelmäßigen Kurs in Mechanik, aus dem der noch heute nachwirkende *„Traité de Mécanique"* (2 Bände, 1. Aufl. 1811) hervorging. Seine Forschertätigkeit betreffend Mechanik im engeren Sinne steht unter dem Einfluß der LAGRANGE-LAPLACEschen Ideen, die POISSON weiterbildet und ausbaut. Es beschäftigen ihn Einzelprobleme (Kreisel auf einer Ebene spielend), vor allem aber allgemein methodische Fragen. So ist ihm der wichtige Übergang von den bei LAGRANGE verwendeten Geschwindigkeitskoordinaten $\dot{q}_i$ zu den Impulskoordinaten $p_i = \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}$ zu verdanken, durch den alle Relationen der Mechanik eine vorteilhaftere Gestalt erhalten. Außerdem unterzog er alle Teile der älteren mathematischen Physik seiner fördernden Bearbeitung: Capillarität, Plattenbiegung, Elektrostatik, Magnetostatik, Wärmeleitung. Wie fruchtbar und vielseitig POISSON tätig war, möge man aus den vielen Einzelheiten ersehen, die sich immer noch an seinen Namen knüpfen: POISSONS Klammerausdrücke in der Mechanik, POISSONS Konstante in der Elastizitätslehre, POISSONS Integral in der Potentialtheorie und schließlich die allgemein bekannte, viel verwendete POISSONsche Gleichung $\Delta V = -4\pi\varrho$, die er im Inneren eines anziehenden Körpers an die Seite der LAPLACEschen $\Delta V = 0$ im äußeren Raume setzte. POISSON schrieb über 300 Abhandlungen und war in jedem Gebiet fruchtbar, das er berührte. Doch sind seine Werke wegen ihrer Weitschweifigkeit nicht leicht zu lesen. Theoretisch war er ein orthodoxer Anhänger der Atomistik im LAPLACEschen Sinne. Er ging so weit, in den Differentialquotienten und Integralen der Physik nur eine abgekürzte Schreibweise für Differenzenquotienten und Summen zu sehen.

Auch FOURIER (1768—1830) war an der École Polytechnique tätig, aber nur von 1796—98. In den folgenden ereignisreichen Jahren nahm er (wie auch MONGE) an NAPOLEONS ägyptischer Expedition teil und wurde dann (1802) Präfekt des Departements der Isère in Grenoble. 1817 kehrte er nach Paris zurück, wo er als Akademiker lebte, einen kleinen Kreis aufstrebender Talente um sich sammelnd, dem u. a. auch DIRICHLET vorübergehend angehörte. FOURIERS Leistung ist in der Hauptsache gegeben durch sein klassisches, auch in der Form vollendetes Werk: *Théorie analytique de la chaleur* (1807 bzw. 1811 begonnen, erst 1822 erschienen). Es behandelt die Probleme der Wärmeleitung mit verschiedenen Oberflächenbedingungen, und zwar vom rein theoretischen Ansatz bis zur wirklichen numerischen Durchführung, wobei die physikalische Grundlage der rein phänomenologischen Auffassung nahekommt. Das Werk zeichnet sich aus durch den prinzipiellen Gebrauch der trigonometrischen Reihen und Integrale, welche seine Schüler ihm zu Ehren als FOURIERsche Reihen und Integraldarstellungen bezeichneten, wie es auch heute noch vielfach geschieht.

Ehe ich näher auf den Inhalt des FOURIERschen Werkes eingehe, möchte ich einiges über die prinzipielle Haltung sagen, die er seiner Wissenschaft gegenüber einnimmt. Der erste Satz der Einleitung lautet: „Les causes primordiales ne nous sont point connues; mais elles sont assujetties à des lois simples et constantes, que l'on peut découvrir par l'observation et dont l'étude est l'objet de la philosophie naturelle".

Er kennzeichnet FOURIERS rein phänomenologische Betrachtungsweise der Natur. Das Mittel, dessen er sich bei diesem, als Gegenstand der Naturphilosophie bezeichneten Studium bedient, ist die Mathematik und vor allem die Analysis in ihrem durch ihn wesentlich weiter entwickelten Teil, der Theorie der Differentialgleichungen und ihrer Integration. Er glaubt, in ihr ein unübertreffliches Werkzeug zu besitzen, das freilich erst, wenn es bis zur zahlenmäßigen Ausführung vorgedrungen ist, seinem eigentlichen Zwecke dient: „La méthode qui en dérive ne laisse rien de vague et d'indéterminé dans les solutions; elle les conduit jusqu'aux dernières applications numériques, condition nécessaire de toute recherche, et sans laquelle on n'arriverait qu'à des transformations inutiles" (p. 12).

Es ist ihm gewiß, daß alle Naturerscheinungen mathematisch faßbar seien, und ihre Verhältnisse mit Hilfe dieser Wissenschaft bis zur völligen Befriedigung geklärt werden können. „Considérée sous ce point de vue, l'analyse mathématique est aussi étendue que la nature elle-même, ... Son attribut principal est la clarté; elle n'a point de signes pour exprimer des notions confuses." Dieser Auffassung entsprechend ist seine Darstellung von meisterhafter Klarheit und Formvollendung.

Den Gegenstand des Werkes bildet die Aufstellung der Differentialgleichung der Wärmeleitung

$$\frac{\partial v}{t} = C \cdot \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

und ihre Integration unter besonderen Randbedingungen; es können v oder $\frac{\partial v}{\partial n}$ oder $\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial n}$ am Rande vorgeschrieben sein. Die Integration wird ausgeführt durch das Auffinden geeigneter Partikularlösungen, deren Summe die allgemeine Lösung der Gleichung darstellt; es wird also fortwährend die Methode der Reihenentwicklung verwendet. Als Nebenprodukt dieser Arbeit ergibt sich die Dar-

stellung der willkürlich vorgegebenen Randwerte durch Reihen, die an sich ein großes funktionentheoretisches Interesse besitzt. Wie bekannt, heftet sich noch heute FOURIERS Name an die gewöhnlichen trigonometrischen Reihen

$$f(x) = \sum_{0}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx),$$

die indessen schon vor FOURIER bekannt waren und häufig benutzt wurden. Weit darüber hinausgehend wendet FOURIER auch kompliziertere Reihen an, wo der Gegenstand es erfordert; so etwa die Reihe

$$f(x) = \sum (a_\lambda \cos \lambda x + b_\lambda \sin \lambda x),$$

wo die λ durch eine kompliziertere Bedingung transzendenten Charakters bestimmt sind: für $x = a$ ist $\operatorname{tg} \frac{\lambda a}{2} = \pm \frac{\lambda}{a}$, eine Bedingung, die für unendlich viele λ befriedigt ist. Auch Entwicklungen nach BESSELschen Funktionen treten auf, und schließlich wird die ebenfalls nach FOURIER benannte Integraldarstellung angewendet, die als Limes aus der Reihe durch Vergrößerung des Intervalls entsteht:

$$f(x) = \int [a(\varkappa) \cos \varkappa x + b(\varkappa) \sin \varkappa x] d\varkappa .$$

Mit all diesen Mitteln hat FOURIER eine große Reihe neuer, gegen die vorhandenen sehr willkürlich erscheinender Funktionen dargestellt. Einen strengen Beweis für die darstellende Kraft seiner Methoden besitzt er nicht, doch vertritt er überall die ihrer selbst sichere Behauptung, daß man mit ihnen „des fonctions absolument arbitraires", d. h. solche, die aus irgendwelchen „Teilen" gesetzmäßiger Funktionen zusammengesetzt sind, darstellen könne und belegt sie durch viele Beispiele.

Die von FOURIER ausgegangene Anregung ist auf allen Gebieten der mathematischen Physik wie der reinen Mathematik wirksam geblieben bis zu unserer Zeit. (POINCARÉ, Existenz der Eigenschwingungen materieller Teile zur Erklärung akustischer Erscheinungen.) Während aber bei ihm der Gedanke an die Nützlichkeit, an die Anwendbarkeit der Methode auf die großen, von Natur vorliegenden praktischen Probleme der eigentliche Antrieb alles Schaffens war, gewinnt später ein abstraktes, rein funktionentheoretisches Interesse an dem immer mehr verfeinerten mathematischen Werkzeug die Oberhand. Wenn man mir ein Beispiel gestattet: Die Mathematik unserer Tage erscheint mir wie ein großes Waffengeschäft in Friedenszeiten. Das Schaufenster ist erfüllt von Prunkstücken, deren sinnreiche, kunstvolle, auch dem Auge gefällige Ausführung den Kenner entzückt. Der eigentliche Ursprung und Zweck dieser Dinge, das Dreinschlagen zur Besiegung des Feindes ist bis zur Vergessenheit in den Hintergrund des Bewußtseins getreten.

Damit möchte ich meine Bemerkungen über FOURIER abschließen und mich nun einem Manne zuwenden, der sich mit seinen glänzenden Leistungen auf allen Gebieten der Mathematik fast neben GAUSS stellen kann, nämlich CAUCHY. In diesem Zusammenhang, der uns gestattet nur erst seiner Arbeiten über Mechanik und mathematische Physik zu gedenken, werden wir ihm einstweilen sehr unvollkommen gerecht; doch werden wir uns bei Betrachtung der reinen Analysis noch ausführlich mit ihm beschäftigen.

In CAUCHYS äußeres Leben greifen die großen geschichtlichen Zeitereignisse bedeutsam ein; genaueres findet sich in der Biographie von VALSON, La vie et les travaux du baron CAUCHY (Paris 1868). Geboren wurde er 1789 zu Paris, wo er auch seine Jugend verlebte, und zwar unter dem Einfluß streng klerikaler Traditionen, denen er bis zu seinem Ende treu blieb. Nach Absolvierung der polytechnischen Schule war er Ingenieur des ponts et chaussées in Cherbourg, von wo er 1813 nach Paris zurückkehrte. Seit 1816 als Akademiker und Professor an der polytechnischen Schule tätig, mußte er 1830 nach der Julirevolution, seiner klerikal-königstreuen Gesinnung wegen, mit den Bourbonen in die Verbannung gehen, die er, zeitweise als Erzieher des Herzogs von Bordeaux, im wesentlichen in Turin und Prag verbrachte. 1838 kehrte er nach Paris zurück, konnte aber, da er den Eid auf das neue Regiment verweigerte, keine Staatsstellung erhalten. Er beschied sich mit der Lehrertätigkeit an einem Jesuitenkollegium. Schließlich wurde er 1848 nach der erneuten Revolution doch, wenn auch ohne den Eid geleistet zu haben, an der Sorbonne angestellt, in welcher Tätigkeit ihn Napoleon 1852 unbehelligt ließ. Er starb 1857.

In CAUCHY tritt uns ein Mann von so ausgesprochener politischer Haltung entgegen, daß ich bei dieser Gelegenheit die Frage aufwerfen möchte, ob man im allgemeinen einen Zusammenhang zwischen der Neigung zu mathematischem Denken und einer bestimmten Auffassung der allgemeinen Lebensfragen, seien sie politischer, sozialer oder religiöser Art, feststellen kann. Die Erörterung dieser Frage scheint um so mehr berechtigt, als im Publikum vielfach die Meinung verbreitet ist, Mathematiker und Naturforscher, die ich hier mit einbeziehen möchte, müßten, ihrer vorurteilsfreien, logisch scharfen Denkweise entsprechend, zu liberalen, ja radikalen Gesinnungen neigen. Ein Blick in die Geschichte lehrt, daß diese Meinung durchaus nicht den Tatsachen entspricht, daß vielmehr unsere Wissenschaft hervorragende Vertreter in allen Lagern und Parteien aufzuweisen hat.

Die Aufklärung des achtzehnten Jahrhunderts und die darauffolgende Revolutionszeit bringt zwar auch in unserer Wissenschaft Männer von radikaler Tendenz hervor, und aus dieser Zeit mag die in der öffentlichen Meinung herrschende Tradition herrühren. D'ALEMBERT, einer der Führer der Enzyklopädisten, war ein entschiedener Vertreter der damals modernen, gegen die bestehenden Ver-

hältnisse opponierenden Richtung; MONGE war Jakobiner, war Marineminister in der Revolution; in dem älteren CARNOT, dem Verteidiger Antwerpens 1815, begegnen wir dem reinsten Typus streng republikanischer Gesinnung, die sich durch alle Zeitläufte hindurch unverfälscht behauptet. Nun aber zeigt uns das Beispiel CAUCHYS, daß auch genau der entgegengesetzte Gesinnungstypus im Rahmen unserer Wissenschaft möglich ist. Dabei ist dieser Mann nicht etwa eine vereinzelte Erscheinung; in der späteren Zeit findet er Gesinnungsgenossen an HERMITE, CAMILLE JORDAN, PASTEUR, die ebenfalls der streng klerikalen Richtung angehören. — Ihnen gegenüber stehen FARADAY oder RIEMANN als Vertreter einer naiven, durch die hohe Entwicklung des Intellektes in keiner Weise gehemmten protestantischen Frömmigkeit; bei SALMON, professor of Divinity, tritt das Dogmatisch-protestantische mehr hervor. GAUSS, der uns auch in diesem Zusammenhang besonders interessieren muß, besaß für seine Person ebenfalls eine schlichte, tiefe Religiosität; nach außen wünschte er „ein geordnetes Regiment, das ihm die Ruhe seiner Arbeit gewährleistete". Von ganz anderer Geistesart wiederum ist der öffentlich stärker hervortretende JACOBI; in den Wirren von 1848 gehörte er zur ausgesprochen radikalen Partei. Die Auffassung des Staates als eines aus unhistorischen Voraussetzungen logisch deduzierten Gebildes kennzeichnet seine Stellung.

Dieser kurze Überblick bestätigt die Erfahrung, die jede Betrachtung des Menschen lehrt, daß nämlich in Weltanschauungsfragen die Gaben des Verstandes nicht ausschlaggebend sind. Die Veranlagung des Gemütes und des Willens, die Einflüsse der Erziehung, der Erlebnisse, alle Einwirkungen der Umwelt und der eigenen Natur sind an ihrer Bildung beteiligt. Vielleicht läßt sich aber der in der Weltanschauung zutage tretende Gegensatz der Naturen in Zusammenhang bringen mit einer Scheidung der Geister nach ihrer grundsätzlichen Stellungnahme zur eigenen Wissenschaft: Die eine Gruppe von Mathematikern hält sich für unbeschränkte Selbstherrscher in ihrem Gebiet, das sie nach eigener Willkür logisch deduzierend aus sich heraus schaffen; die andere geht von der Auffassung aus, daß die Wissenschaft in ideeller Vollendung vorexistiere, und daß es uns nur gegeben ist, in glücklichen Augenblicken ein begrenztes Neuland als Stück davon zu entdecken. Nicht *Er*finden nach Gutdünken, sondern *Auf*finden des ewig Vorhandenen, nicht die selbstbewußte Tat, sondern die vom Bewußtsein und Willen unabhängige, rein geschenkte Eingebung erscheint ihnen als das Wesen ihres Schaffens.

Ich wende mich nun zu CAUCHYS Werken. CAUCHY war nichts weniger als ein Klassiker der Form. Die überwältigende Menge seiner Publikationen — VALSON zählt deren 789, darunter acht selbständige Werke — nimmt mit fortschreitender Entwicklung einen immer eiligeren, skizzenhafteren Charakter an. Unzählige Male wird bereits Gesagtes wiederholt, um in Anknüpfung an eine frühere, nicht abgeschlossene Abhandlung augenblickliche Ideen wiederum ohne Abschluß darzulegen. Etwas mehr Sorgfalt auf die Form verwandte CAUCHY in seinen selbständigen einheitlichen Werken, die in den 20er Jahren seinen frühen Ruhm begründeten. Neben diesen erscheinen schon damals einzelne Abhandlungen im Journal de l'École Polytechnique und den Mémoires de l'Académie. Dann aber benutzte CAUCHY von 1835 ab die seit dem 1. Juli wöchentlich erscheinenden Comptes Rendues zu unablässigen Mitteilungen. Seine Beanspruchung der Zeitschrift war eine derartige, daß seinetwegen eine Beschränkung der Artikellänge auf höchstens 4 Seiten eingeführt wurde. Trotzdem erschöpfte sich CAUCHYS Mitteilungsbedürfnis hierin noch lange nicht; daneben erschienen die selbständig von ihm herausgegebenen Sammelbände: *Exercices de Mathématique* in mehreren Serien, Vorlesungen usw.

CAUCHYS sämtliche Publikationen werden als „gesammelte Werke" herausgegeben. Die Ausgabe dient freilich wenig zur Erleichterung des Eindringens in diesen Schriftenurwald; ohne Sichtung bringt sie Wichtiges und Nebensächliches chronologisch geordnet mit der rein äußerlichen Einteilung: sér. I. Veröffentlichungen in den Akademieschriften, sér. II. Andere Veröffentlichungen. Ein wissenschaftlich wertvoller Nachlaß, wie im Falle GAUSS, scheint sich bei CAUCHY nicht vorgefunden zu haben.

In dem hier in Frage stehenden Zusammenhange haben wir von CAUCHYS Leistungen betreffend Mechanik und mathematische Physik zu sprechen. Ich kann hier nur die wichtigsten Punkte berühren, nämlich seine *Theorie der Elastizität und der Optik*.

Die Differentialgleichungen der Elastizität dreidimensionaler Körper wurden zuerst 1821 von NAVIER aufgestellt, und zwar, vom Interesse der Technik geleitet, ausgehend von molekulartheoretischen Vorstellungen und allein für den Fall „isotroper" Medien. CAUCHY begründet etwa von 1825 an eine phänomenologische Darstellungsweise der Verhältnisse, die den Körper als Continuum betrachtet und nun mit den beiden „Tensoren" *Spannung* und *Formänderung* operiert. Diese Begriffsbildung bedeutet einen großen Fortschritt gegenüber dem des bloßen, sich nach allen Seiten gleichmäßig fortsetzenden Flüssigkeitsdruckes, wie ihn das achtzehnte Jahrhundert allein kannte. CAUCHY dehnte die Behandlung 1827 auf anisotrope (krystallinische) Medien aus, und von 1828—30 gelang ihm, von diesem Fundamente aus, die mathematische Grundlegung der einfachen Sätze der FRESNELschen *Optik*, eine Leistung, die er sich von Beginn der Arbeiten an als eines der Hauptziele gesetzt hatte. Freilich zeigte seine Theorie in zwei wichtigen Punkten eine Abweichung von den FRESNELschen Beobachtungen und Auffassungen:

1. Sie verlangte, daß die Schwingungen des polarisierten Lichtes, die nach FRESNEL in der

Polarisationsebene liegen, *senkrecht* zu dieser stattfinden sollten;

2. Sie lieferte in allen Medien neben den Transversal- auch Longitudinalschwingungen, die beobachtungsgemäß in der Optik gar keine Rolle spielen. Diese beiden bekannten Streitfragen haben bis zur endgültigen Herrschaft der MAXWELLschen Theorie noch jahrzehntelang die Köpfe beschäftigt. Ja selbst 1896 noch beim Auftreten der Röntgenstrahlen wurde der Gedanke laut, es handle sich um die lange gesuchten optischen Longitudinalschwingungen.

Außer diesen Diskrepanzen blieb nun aber noch ein ganzes Erscheinungsgebiet der Optik, das sich mit der phänomenologischen Elastizitätslehre durchaus nicht fassen ließ: die *Dispersion des Lichtes*. Um sie zu erklären, griff CAUCHY 1835 (36) in seinem *Mémoire sur la dispersion de la lumière* (Prag) auf molekulare Vorstellungen zurück und erreichte sein Ziel wenigstens qualitativ durch die Annahme, daß die Molekularabstände gegen die Lichtwellenlänge nicht verschwindend klein seien. Noch heute wird CAUCHYS Dispersionsformel:

$$n = a + \frac{b}{\lambda} + \frac{c}{\lambda^2} + \cdots$$

für Medien, deren Absorptionsstreifen im Ultraroten liegen, angewendet.

Die Untersuchungen über Mechanik und mathematische Physik, über die wir soweit berichtet haben, sind bald internationales Gemeingut geworden und haben insbesondere an den deutschen Universitäten rasch Wurzel gefaßt. Neben diesem Hauptstamm der Entwicklung aber haben wir eines Nebenzweiges zu denken, der erst sehr viel später seinen Einfluß über seinen Ursprungsort hinaus geltend machte. Es ist dies die in den Kreisen der École Polytechnique einsetzende Ausgestaltung der Mechanik nach der technischen Seite hin. Auch hier handelt es sich darum, neue Erscheinungsklassen der mathematischen Formulierung zu unterwerfen, aber immer in bewußtem Hinblick auf die technische Anwendbarkeit.

Völlig isoliert, aber doch an dieser Stelle zu nennen ist eine im Urdruck in den Bibliotheken kaum noch erhältliche Schrift des frühverstorbenen SADI CARNOT (1796—1832), die *„Réflexions sur la puissance motrice du feu"* 1824. Der kleine Aufsatz, der 1878 neu gedruckt und mit biographischen Notizen über den Autor (Sohn des CARNOT der Napoleonzeit) herausgegeben wurde, hatte das Ziel, die Wirkungsweise der Dampfmaschine verständlich zu machen, verdankt aber seine Bedeutung wesentlich der ferneren Entwicklung des Gebietes, die sich an ihn anschloß. Wenn auch die Meinung, er enthalte bereits den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie, entschieden zu weit geht, so lieferte CARNOT doch den Ansatz zu der später von CLAUSIUS abgeschlossenen Theorie durch seine Idee, daß die bewegende Kraft der Wärme ihren Grund habe in dem Übergang von höherer zu niederer Temperatur, also in einem Wärmestrom von höherem zu niederem Temperaturniveau, welche Vorstellung CARNOT in Analogie mit dem Antrieb eines Wasserrades ausbaute. Diese Ideen, die man wohl als Keim des ersten und zweiten Wärmesatzes bezeichnen kann, sind ziemlich unmathematisch dargelegt. Die genauere Formulierung nach dieser Seite erhielten sie durch den Ingenieur CLAPEYRON im 23. Heft des Journal de l'École Polytechnique, Bd. XVI, 1834 (deutsch übersetzt in POGGENDORFFS Annalen). Die Arbeit CLAPEYRONS ist mathematikgeschichtlich insofern wichtig, weil von hier aus die bei den Technikern schon lange übliche graphische Darstellung zum ersten Male in die nach dieser Richtung recht zurückhaltenden Physikerkreise dringt. Betrachtet man freilich heute die von CLAPEYRON gebrachten fünf kleinen Diagramme, so ist man über ihre Bescheidenheit recht erstaunt.

Die *„technische Mechanik"* (im engeren, heutigen Sinne) verdankt ihre Entstehung, wie schon bemerkt, den polytechnischen Kreisen. Hier sind vor allem PONCELET und CORIOLIS zu nennen. PONCELET (1789—1867) wird uns in der Folge noch viel beschäftigen als der eigentliche Begründer der projektiven Geometrie. Von seinen weitgehenden technischen Vervollkommnungsarbeiten besaß das „PONCELETsche Wasserrad" zu seiner Zeit eine gewisse Popularität; jetzt ist es wohl durch die Turbinen in Vergessenheit geraten. Der Name CORIOLIS (1792—1843) ist uns allen bekannt durch die sog. CORIOLISschen Zusatzkräfte, die bei Relativbewegung, insbesondere bei Bewegungen auf der rotierenden Erde sich geltend machen (sofern man eben ein mitbewegtes Koordinatensystem benutzt).

Die beiden hier in Betracht kommenden Werke dieser Männer sind: PONCELET, *Cours de Mécanique, appliquée aux machines* (1826). CORIOLIS, *Traité de la Mécanique des corps solides et du calcul de l'effet des machines* (1829). Beide Werke haben im wesentlichen die gleiche Tendenz: sie streben im Gegensatz zu den abstrakten Formulierungen von LAGRANGES Mécanique analytique („die vornehme, reibungslose Mechanik") eine synthetische Betrachtung der in den Maschinen auftretenden Kraftwirkungen an, unter Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse, wie Reibung usw. Sie sind mathematisch sehr elementar; wir verdanken ihnen aber die Erarbeitung eines Fundamentalbegriffes, der für die Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie und für die Aufstellung des großen Satzes von der Erhaltung der Energie entscheidend werden sollte: des Begriffes der *mechanischen Arbeit*. Ich erwähne gern dies bedeutsame Beispiel befruchtender Rückwirkung eines rein technischen Problems — hier die Frage nach dem Nutzeffekt der Maschinen — auf die theoretische Forschung.

In einem gewissen Zusammenhang mit diesen Männern steht schließlich der Geometer CHARLES DUPIN (1784—1873), der uns bei Behandlung der

Geometrie noch näher beschäftigen wird. Als echter Mann seiner Zeit war auch er Theoretiker, Praktiker und Organisator zugleich. Seine technischen Interessen galten vor allem dem Schiffsbau, dem er als Marineingenieur nahestand. Ähnlich wie PONCELET, machte auch er große Studienreisen, und zwar nach England, um den dortigen Industrialismus zu studieren. Als Professor des Conservatoire des Arts et des Métiers errichtete er 1819 Volkshochschulkurse, durch die seine neuzeitlichen Ideen, das Interesse an Technik, Industrie und Nationalökonomie, weite Verbreitung fanden. Wir sehen, wie hier als ganz modern anmutender Zug auch das soziale Interesse sich bereits geltend macht.

Näher eingehen möchte ich aber auf die Persönlichkeit und die Schicksale PONCELETS, die ihr besonderes psychologisches Interesse haben.

PONCELET wurde 1789 in Metz geboren. Nach Absolvierung der polytechnischen Schule (1808 bis 1810) trat er als Sous-Lieutenant du génie in die école d'application de Metz ein, wurde Anfang 1812 NAPOLEONS grande armée zugeteilt und wurde beim russischen Winterfeldzug im November 1812 gefangengenommen. Zwei Jahre verbrachte er in Saratow an der Wolga in Kriegsgefangenschaft, und erstaunlicherweise verhalf ihm gerade diese Zeit der unfreiwilligen Muße und völligen Abgeschlossenheit von allen Hilfsmitteln zu seiner genialsten Leistung: der Erschaffung der *projektiven Geometrie*. Vor einem kleinen Kreis mitgefangener Polytechniciens entwickelte er seine neuen Ideen. Der Friede schenkte ihm die Freiheit wieder. Von 1815 ab war er als Genieoffizier in Metz im Arsenal tätig. Die Schöpfungen seiner Gefangenenzeit gab er heraus in dem 1822 erschienenen *traité des propriétés projectives des figures*. Die Öffentlichkeit aber nahm seine Kräfte mehr und mehr in Anspruch und zog ihn von den ihm liebsten Aufgaben der reinen Wissenschaft ab. Gegen seine Neigung, auf Wunsch von ARAGO, wie er später sagte, wurde er Professor an der Metzer École d'application (1825—1835). Aus Interesse am Gedeihen seines Vaterlandes widmete er sich in großen Informationsreisen dem Studium des Auslandes; insbesondere das aufblühende Industrieleben Englands schien ihm bedeutungsvoll. Zwar veröffentlichte er 1826 seinen *Cours de Mécanique*, aber bald nahmen ihn organisatorische und pädagogische Aufgaben völlig in Anspruch. Von 1835 ab bekleidete er in Paris hohe militärische Stellungen, war Mitglied des comité des fortifications und daneben 1838—1848 Professeur de Mécanique physique et appliquée an der Sorbonne, dann Commandant der École polytechnique. Sein großes Ansehen ließ ihn 1851 zum Vertreter Frankreichs auf der ersten Londoner Weltausstellung und Chef der Jury gewählt werden; auch an der Vorbereitung der ersten Pariser Weltausstellung 1855 war er beteiligt. — Es ist die Tragik dieses Lebens, daß dieser selten erfolgreiche Mann, der, wie man meinen sollte, seine Kräfte zur Entfaltung bringen durfte wie wenige, dennoch seiner wahren Bestimmung nicht genügt zu haben glaubte. Als alter Mann, bei der Neuauflage seines „traité" 1864/66 beklagt er sich bitter über sein Schicksal, das ihn gezwungen habe, seine Lieblingsstudien so völlig zu verlassen und ihn verhindert habe, ihnen zu der nötigen Anerkennung zu verhelfen. Es ist der alte Konflikt der vita activa mit der vita contemplativa, der dies Leben mit einem Mißton hat schließen lassen. PONCELET starb 1867. (Schluß folgt.)

Internationale Polarforschertagung in Berlin.

Die „Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff" hielt ihre erste ordentliche Versammlung vom 10. bis 12. November 1926 in Berlin ab. Die deutsche Gruppe zählt 81, die russische 42 Mitglieder; die übrigen 61 Mitglieder verteilen sich auf 14 weitere europäische Staaten, die Vereinigten Staaten von Amerika und Japan. Präsident der Gesellschaft ist Professor FRIDTJOF NANSEN, Oslo, Vorsitzender der deutschen Gruppe Geheimrat ERNST KOHLSCHÜTTER, Potsdam, Generalsekretär Hauptmann WALTHER BRUNS, Berlin. In den wissenschaftlichen Sitzungen wurden folgende Vorträge gehalten: ERNST KOHLSCHÜTTER, Potsdam, *Über die Entstehung der Internationalen Studiengesellschaft und deren bisherige Tätigkeit*. In Deutschland entstanden mehrere großzügige Luftschiffverkehrspläne, so die der Zeppelingesellschaft, des Schütte-Lanz-Luftschiffbaues und der Luftfahrzeuggesellschaft. Unabhängig von diesen hatte der frühere Luftschiffführer WALTHER BRUNS darauf aufmerksam gemacht, daß die kürzesten und aus mehreren Gründen rationellsten Wege für die wichtigsten Luftschifflinien des Weltverkehrs, diejenigen von Europa nach dem fernsten Osten und dem Westen (San Franzisko), über das Polargebiet führen, ein Gebiet, dessen besondere Eignung für das Luftschiff bereits Geheimrat HERGESELL 1910 bei einer Dampferstudienreise mit Graf ZEPPELIN festgestellt und betont hat. Es war aber klar, daß dem Verkehr über die Arktis eine wissenschaftliche Untersuchung aller fraglichen Bedingungen vorangehen müsse. Der Plan von BRUNS wurde zuerst von den Potsdamer Gelehrten AD. SCHMIDT und R. SÜRING warm befürwortet. Bald entstand ein kleiner Ausschuß, der sich der Idee eifrig annahm und in dem Luftschiffbau des Professor SCHÜTTE große Stütze fand. Aber eine solche Idee ließ sich nicht von Deutschland allein, sondern nur international, mindestens unter Mitarbeit der an die Arktis grenzenden Staaten, fruchtbar verfolgen. Auf die richtige Bahn kamen die vorbereitenden Arbeiten daher erst, als es gelang, den Altmeister der Polarforschung FRIDTJOF NANSEN für sie zu gewinnen. Unter seinem Vorsitz entstand am 7. Oktober 1924 die Internationale Studiengesellschaft unter einem vorläufigen Vorstand, bestehend aus der deutschen Gruppe und einer Reihe hervorragender Gelehrter aus allen skandinavischen Ländern. NANSENS Name und unermüdliche Arbeit, gefördert durch den Eifer des Begründers der Gesellschaft W. BRUNS und verschiedener Mitglieder, an erster Stelle wieder von AD. SCHMIDT, Potsdam, führten bald zur Gewinnung

zahlreicher hervorragender Gelehrter aus anderen Ländern. Es gilt jetzt, den Brunsschen Gedanken auszubauen und zum guten Ende zu führen.

Fridtjof Nansen, Oslo, *Über die wissenschaftliche Notwendigkeit, arktische Forschung zu treiben und die Unzulänglichkeit der bisher benutzten Forschungsmittel.* Die Untersuchung der polaren Gegenden ist notwendig, um die Naturerscheinungen in anderen Gegenden der Erde richtig erfassen zu können. So kann man z. B. die Wärmeverhältnisse in unseren Breiten nicht verstehen ohne Kenntnis der Luftzirkulation in den Polargebieten. Denn die Erwärmung der Erdoberfläche durch die Gesamtzirkulation der Atmosphäre ist der Heizungsanlage eines Hauses vergleichbar, mit dem Kessel in den Tropen und der stärksten Abkühlung der Röhren in den Polargegenden. Unter den zahlreichen, in der Arktis zu lösenden Problemen ist das geographisch wichtigste die Verteilung der großen Massen von Land und Meer. Welche Ausdehnung hat das seinerzeit von der „Fram"-Expedition im hohen Norden entdeckte Tiefmeer? Der „Schelf", d. h. jenes die großen Kontinentalmassen begleitende Flachmeer, an dessen Außenrande erst der Absturz zum Tiefmeer beginnt, ist im hohen Norden hauptsächlich in 3 Gegenden festgestellt worden: nördlich von Spitzbergen, nordnordwestlich der Neusibirischen Inseln und nördlich von Alaska bzw. westlich von Banks-Land. Sonst ist er fast überall unbekannt. Die Ausdehnung des 1913 entdeckten Nikolaus-II-Land im Norden von Kap Tscheljuskin ist noch unerforscht. Ferner sind Überraschungen in bezug auf den Schelf und darauf gelegene Inseln vielleicht jenseits des bisher bekannten kanadisch-arktischen Archipels zu erwarten, wenn auch das von Harris aus Gezeitenbewegungen dort abgeleitete größere Land wahrscheinlich nicht existiert. Neben dieser elementarsten aller polaren Forschungsaufgaben kommen noch meteorologische, ozeanographische, geodätische, geophysische, biologische usw. Untersuchungen in Betracht. Zur Lösung solcher Fragen schenkte uns die Neuzeit im Flugzeug und Luftschiff neue Forschungsmittel. Bei der Schwierigkeit der Landungsverhältnisse im Eisgebiet hat allerdings der Aeroplan noch nicht jene Stufe der Vervollkommnung erreicht, welche für die Polarforschung erforderlich ist. Man muß erst das Problem der vertikalen Landung lösen. Dagegen hat das lenkbare Luftschiff bereits in seinem heutigen Entwicklungsstadium große Vorzüge für die Untersuchung der arktischen Gebiete. Vor allem kann es infolge seiner Tragfähigkeit die notwendige Mannschaft und eine reichliche Ausrüstung für wissenschaftliche Forschungen mitnehmen. Sein Aktionsradius umfaßt gegenwärtig schon die gesamten unbekannten Gebiete der Arktis. Endlich kann es zur Anstellung der erforderlichen Untersuchungen Landungen ausführen, außer vielleicht da, wo nicht offenes Wasser genug vorhanden ist, um sich durch Einnehmen von Wasserballast ruhig halten zu können. Es bleibt jedoch zu hoffen, daß sich auch hierfür noch eine Lösung finden läßt.

Walther Bruns, Berlin, *Praktische Wege über den Einsatz von Luftschiffen großen Type zur wissenschaftlichen Erforschung der Arktis und ihrer ständigen Überwachung.* Aufgabe der Tagung ist es, festzustellen, welche Fragen arktischer Forschung besonders wichtig sind, wie sie gelöst werden können, und welche finanzielle Hilfe sie erforderlich machen. Den erfolgreichen Flügen Byrds, Amundsens und Nobiles ist, wenn auch das wissenschaftliche Ergebnis infolge der mannigfachen technischen Schwierigkeiten nicht bedeutender sein konnte, die größte Hochachtung entgegenzubringen. Aus diesen Flügen kann die Studiengesellschaft lernen, daß arktische Forschung nur mit einem Luftschiff möglich ist, das einen großen wissenschaftlichen Stab befördern kann, dessen Arbeiten nicht durch technische Unzulänglichkeiten des Beförderungsmittels gehindert werden. Die in der Studiengesellschaft zusammengefaßte Wissenschaft der Welt gibt die Gewähr dafür, daß von dieser Forschungsarbeit ein großer wissenschaftlicher Ertrag erwartet werden kann, der den Einsatz beträchtlicher Mittel rechtfertigt. Das Luftschiff, das im Gegensatz zum Flugzeug sich ganz langsam in vertikaler Richtung auf offene Wasserflächen im Eise herablassen und jederzeit wieder aufsteigen kann, würde schon bei einer einmaligen Hin- und Rückfahrt über die Arktis, für die je 5 Tage angesetzt sind, eine ganze Reihe von Aufgaben zu lösen imstande sein. Drei große zur Zeit schwebende Luftschiffverkehrsprojekte, deren Durchführung die nahe Zukunft bringen wird, geben der Studiengesellschaft die Möglichkeit, sich für wissenschaftliche Zwecke ein Großluftschiff mit Besatzung zu leihen. Es sind dies: 1. das englische Luftschiffverkehrsprojekt von London nach Australien, nach Kapstadt und nach Kanada, 2. das spanisch-südamerikanische Projekt des Luftschiffbaues Zeppelin von Sevilla nach Buenos-Aires, 3. das von Bruns selbst ausgearbeitete Luftschiffverkehrsprojekt von London bzw. Paris über Berlin Leningrad und Charbin nach Osaka. Notwendig wäre bei der Durchführung dieser Idee der Ersatz der Passagiergondel durch eine Spezial-Polargondel. Die Gesamtkosten einer mehrwöchigen Forschungsarbeit werden in Kreisen der Studiengesellschaft auf 500 000 Dollars geschätzt, eine Summe, die im Hinblick auf die großen praktischen Ergebnisse einer umfangreichen Polarforschung durchaus zu verantworten ist. Luftschiffexpeditionen in die arktischen Gebiete steigern das Vertrauen in die Sicherheit und werben gleichzeitig für den Luftschiffverkehr. Bei der Behandlung der Sicherheitsfrage einer Polarexpedition mit dem Luftschiff zeigt der Vortragende, wie einer notgelandeten Besatzung durch ein Ersatzluftschiff sichere Hilfe gebracht werden kann, und führt anschließend aus, daß die ununterbrochene Kontrolle der Arktis durch Luftschiffe gestatten würde, eine Reihe von geophysischen Radiostationen in höchsten Breiten, teils auf dem Festlande, teils auf dem Treibeise auszusetzen, zu verproviantieren und zu überwachen. Die Beobachtungen dieser Stationen wären dem täglichen synoptischen Dienst der nördlichen Halbkugel anzuschließen.

Napier Shaw, London, *The influence of the North Polar Region upon the Meteorology of the Northern Hemisphere.* Einleitend gibt der Vortragende eine Zusammenfassung der durch Dove begründeten und durch V. Bjerknes ausgebauten „Polarfronttheorie". Bezüglich der Verteilung von Temperatur und Luftdruck in den oberen Luftschichten ist der Nachweis geführt, daß die Schichten unterhalb 8 km Höhe eine in ihrem Verlauf sehr ähnliche Druckverteilung zeigen wie diejenigen unterhalb 4 km, jedoch mit umgekehrten Gradienten. Aus einer Betrachtung über den Ursprung und die physikalischen Ursachen der Temperaturverteilung in der Bodenschicht sowie der Polarfront wird die Folgerung gezogen, daß es auf einer völlig ebenen Erdkugel, lediglich als Folge der Breitenunterschiede, kaum eine konstante Zirkulation zwischen Pol und Äquator und somit auch keine zirkumpolare Zirkulation in den hohen Luftschichten geben würde. Der tatsächliche Zustand wird in der Hauptsache auf den Einfluß der Bergformen des Geländes zurückgeführt; die vergletscherten Hochgebirge oder sonstige immer vereiste Gebiete sind die Ursachen, die in der Hauptsache die Polarfront und

was damit zusammenhängt dauernd erhalten. Die Gebirgsmassive rufen diese Wirkungen durch den Zwischenfaktor der katabatischen Winde hervor (sog. Fallwinde, welche an den Flanken der Berge unter dem Einfluß der größeren Schwere der kalten Luft hinabgleiten). Sie sind durchaus nicht auf die Polargebiete beschränkt, sondern finden sich in jedem vergletscherten Gebirge. Hieraus ist zu schließen, daß die Polarfront nur ein Hauptbeispiel einer mehr allgemein zu betrachtenden „Glazialfront" darstellt, die durch Hinabströmen kalter Luftmassen von Gletschermassiven hervorgerufen wird. „Katabatische Winde" ist demnach der richtige Name für die Erscheinung, die man sonst manchmal die „glaziale Antizyklone" genannt hat. Sie bildet einen hochinteressanten Gegenstand der Forschung, unter welchem Breitengrade sie auch immer vorkommen mag. Sie ist mit der schlimmste Feind des Menschengeschlechtes; sie ruft, vielleicht mit teilweiser Unterstützung durch den Wasserdampf, die Diskontinuitäten hervor; sie erhält die „Glazialfront" am Leben. Sie liefert aber auch die Energie für die Konvektionsströmungen und die hierdurch erzeugten Regen, welche uns das Windsystem in dem von Dove sozusagen in seinen Fundamenten begonnenen und von Bjerknes aufgeführten Gebäude der Zyklonen der Nordhemisphäre verständlich machen.

R. L. Samoilowitsch, Leningrad, *Geologische und biologische Aufgaben der Arktisforschung.* Der Vortragende skizzierte die geologischen Forschungen im zirkumpolaren Gebiet und ging dabei eingehender auf die wenig bekannten älteren russischen Forschungen ein. Ferner schilderte er seine eigenen Expeditionen in den Jahren 1921—1925 nach Nowaja-Semlja, dessen Umfahrung ihm gelungen ist. Er wies dann auf die sehr mangelhafte Erforschung der Taimyrhalbinsel und des unlängst entdeckten Nikolaus-II-Landes hin, die eine bedauerliche Lücke in unserer Kenntnis der polaren Geologie, besonders für die Frage der Vereisung und der säkularen Hebungen und Senkungen des Landes bedeutet. Die Lösung dieser Probleme der genannten Länder bleibt nach Ansicht des Vortragenden eine der wichtigsten Aufgaben der Geographie und Geologie.

Boykow, Berlin, *Die aerogeodätischen Vermessungsmethoden und ihre Bedeutung für die geographische Forschung.* Der Vortragende gab einen kurzen historischen Überblick über die Entstehung der Aerogeodäsie und wies nach, daß auch schon mit primitiven Mitteln und einfachen Behelfsmethoden geographisch gut brauchbare Resultate erzielt werden können. Nach den neuesten Aufnahmemethoden unter Zuhilfenahme des „optischen Ausgleiches" ist es möglich, bei den Aufnahmen in einer Dimension einen Bildwinkel von 180° und mehr zu erzielen und z. B. in der Arktis das astronomische Objekt, die Sonne, mit der Aufnahme der Erdoberfläche auf einem Bildstreifen zu kuppeln. Ferner gestatten es diese Methoden, fortlaufende Senkrechtaufnahmen aus dem Luftfahrzeug bis 120° Bildwinkel zu machen, und zwar über ganz erhebliche Strecken (bis zu 1000 km), ohne den Bildstreifen zu wechseln. Mit Hilfe des Luftschiffes kann man, ohne Kenntnis der geographischen Lage irgendwelcher Punkte, maßstabhaltige Karten der photographierten Erdoberfläche gewinnen.

Louis A. Bauer, Washington, *Need of magnetic and electric data in polar regions.* Die Resultate der jüngsten norwegischen und amerikanischen Polarexpeditionen (der „Maud" unter Amundsen und Sverdrup 1918—1925 und derjenigen von Mac Millan 1921/22 und 1923/24) wurden besprochen und die Wichtigkeit weiterer Feststellungen ganz besonders während der kommenden 2—3 Jahre erhöhter Sonnentätigkeit betont. Die Zusammenhänge zwischen Sonnentätigkeit, magnetischen Stürmen, Polarlichtern und elektrischen Erdströmen haben durch die Ergebnisse der genannten Polarreisen erneut die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Die innige Beziehung zwischen diesen Erscheinungen, so z. B. der Stärke und Höhenerstreckung des Polarlichtes und der Stärke der magnetischen Stürme trat deutlich hervor. Doch ergaben sich hierin und in den zeitlichen Zusammenhängen beträchtliche Differenzen z. B. gegenüber den Beobachtungen der britischen antarktischen Expedition von 1910—1913. Abweichend sind auch die Feststellungen über die Beziehungen zwischen Polarlicht und dem elektrischen Potentialgefälle der Atmosphäre. Ebenso widersprechend stehen einander gegenüber die zahlreichen Beobachtungen der Norweger und die der genannten Polarfahrer betreffs der Erdnähe, bis zu welcher die Nordlichtstrahlen in die Atmosphäre eindringen. An einer weiteren Reihe sehr wichtiger Fragen wie: Zusammenhang zwischen Polarlicht und der „leitenden Schicht" der elektrischen Wellen, Spektrum des Polarlichtes, tägliche Schwankung des luftelektrischen Potentialgefälles, Tagesperiode des Erdmagnetismus und Darstellung richtiger erdmagnetischer Karten des Polargebietes, wurde gezeigt, was in den letzten Zeiten hierin zwar erreicht worden ist, wieviel Grundlegendes aber noch zu klären bleibt. Ohne Zweifel würde eine wohlausgerüstete Arktisfahrt mit dem Luftschiff uns zu großen Fortschritten in diesen wissenschaftlich äußerst bedeutsamen Forschungen verhelfen.

V. Bjerknes, Oslo, *Die Polarfronttheorie.* Die Notwendigkeit der Polarforschung für die Meteorologie — vom Standpunkt der theoretischen Physik aus gesehen — liegt vor allem darin, daß unsere Atmosphäre ein Wärmemotor ist, gespeist aus 3 Quellen: der äquatorialen Wärmequelle und den beiden polaren Kältequellen Beim Arbeiten dieser Maschine muß sich die polare Luft am Boden entlang Bahn brechen. Diese Erscheinung hat zur Folge, daß man durch Analyse der meteorologischen Karten meistens eine Grenzlinie — die Polarfront — auffinden kann, bis zu der die von Norden kommende Luft unter Erhaltung charakteristischer polarer Eigenschaften vorgedrungen ist. Zu der Verlagerung dieser Front stehen die Witterungserscheinungen der mittleren Breiten in engster Beziehung. Grundlegend für die Meteorologie wird es sein, die großen Ausbrüche polarer Luft, die zu der Frontbildung führen, schon von ihrem Entstehungspunkt aus im Polargebiet verfolgen zu können. Notwendig hierfür wäre die Errichtung einer Anzahl aerologischer Stationen auf den nördlichen Küsten und Inseln des Polargebietes, nötigenfalls ergänzt durch eine Zentralstation im Treibeis selbst. Sämtliche Stationen müßten wenigstens ein Jahr in Betrieb gehalten werden, wenn man sie schon nicht im Interesse des Wetterdienstes der ganzen nördlichen Hemisphäre als permanente Stationen zu unterhalten beabsichtigt. Wenn die Arktis für die Luftfahrt erschlossen ist, wird die Errichtung und Erhaltung solcher Stationen keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr bieten.

W. B. Schostakowitsch, Irkutsk, *Über den Einfluß der Arktis auf das Klima Sibiriens.* Auf Grund der Beobachtungen während einer Periode von 78 Jahren stellte es sich heraus, daß der klimatische Charakter des sibirischen Winters im engen Zusammenhang mit der Arktis und mit dem Golfstrom steht. In den Jahren, in welchen der Golfstrom übernormal entwickelt, der atmosphärische Druck über dem Polarbecken unternormal und die Zirkulation der Luft am Pol verstärkt

ist, wird der Winter in Sibirien mehr oder weniger wärmer als normal, im entgegengesetzten Fall kälter als normal sein. Da die hydro-meteorologischen Verhältnisse in der Arktis im ganzen sehr stabil sind, so ergibt sich daraus die Möglichkeit, eine Prognose für den kommenden Winter in Sibirien aufzustellen. Was die Sommerniederschläge anbelangt, so ist festgestellt worden, daß die übernormalen Niederschläge in Mittelsibirien mit der verstärkten Luftzirkulation am Pole eng zusammenhängen.

B. Helland-Hansen, Bergen, *Die ozeanographische Bedeutung arktischer Forschung.* Die Verhältnisse im Nordpolarmeer haben einen großen Einfluß auf die Möglichkeiten der Schiffahrt nach Spitzbergen, ferner auf die Intensität des Labradorstromes und dadurch mittelbar auf die Verbreitung der gefährlichen Eisberge in der Gegend von Neufundland. Außerdem kann man mehrere ganz allgemeine ozeanographische Probleme im Nordpolarmeer besser studieren als in anderen Meeresgebieten. Dies ist eine Folge dreier besonderer Umstände: Zusammenhängende Eisdecke, maximale Wirkung der Erdumdrehung und zirkumpolare Gestaltung des Meeres. Der Vortragende legte dar, wie weitere arktische Forschungen auf unsere Kenntnis der Dynamik der Meeresströmungen und des Gezeitenphänomens von der größten Tragweite sein können. Wichtig ist auch in biologischer Hinsicht, daß die Eisdecke die Pflanzenassimilation hindert, so daß die Wassermassen in diesem Gebiete mit einer Wüste verglichen werden können. Dort, wo dieses Wasser mit wärmeren Wasser gemischt wird und wo die Sonnenstrahlen eindringen können, entsteht eine „Oase". Studien über das quantitative Vorkommen von Nährstoffen im Polarmeer, sowie über die Verteilung von Sauerstoff, Kohlensäure u. a. dürften von allgemeinem meeresbiologischen Interesse und für Fischerei und Walfang von großer Bedeutung sein.

H. U. Sverdrup, Oslo, *Die meteorologischen Untersuchungen und Ergebnisse der „Maud"-Expedition.* Die „Maud" hat 6 Jahre in der Arktis verbracht: 4 Jahre an verschiedenen Stellen der Sibirischen Küste zwischen Kap Tscheljuskin, dem nördlichsten Punkt des asiatischen Kontinents, und der Beringstraße, 2 Jahre eingeschlossen im Treibeis. In diesen 2 Jahren, vom 8. August 1922 bis 9. August 1924, wurde die „Maud" mit dem Eise etwa 900 Seemeilen von der Ostseite der Wrangel-Insel zur Nordseite der Neusibirischen Inseln geführt. Von allen Jahren liegen ausgedehnte meteorologische Beobachtungen, Registrierungen des Luftdruckes, der Temperatur, der Feuchtigkeit und des Windes vor. In den letzten Jahren, 1922—1925, sind auch Dauer des Sonnenscheins, Wärmezustrahlung von Sonne und Himmel, Bildung von Eis und Temperatur der Schneeoberfläche aufgezeichnet worden. Ferner wurden mit Hilfe von Pilotballons und Drachen Wind- und Temperaturverhältnisse der freien Atmosphäre untersucht. Die langdauernden meteorologischen Beobachtungen geben wertvolle Beiträge zur Kenntnis der meteorologischen und klimatischen Verhältnisse des besuchten Gebietes; die Bearbeitung ist aber noch nicht so weit fortgeschritten, daß die Ergebnisse besprochen werden können. Aus den Beobachtungen in der freien Atmosphäre sind jedoch schon interessante Resultate abgeleitet worden. Im Winter ist das ganze Polarmeer von einer dünnen Schicht kalter Luft bedeckt. Die bodennächste Luft wird, wenn der Himmel klar ist, bei der Berührung mit dem, von hartem Schnee bedeckten Eis abgekühlt. Bei Wind wird die kalte Luft nur bis zu einer Höhe von 50—200 m durchmischt, und oberhalb dieser Höhe findet man eine erhebliche Temperaturzunahme von im Mittel 8° C. Die Luft in einer Höhe von 1000 m ist natürlich kalt, verglichen mit Luft in derselben Höhe in niedrigeren Breiten, aber warm im Vergleich zu der Luft unmittelbar über dem Eis. Die tiefste Temperatur, die dicht über dem Eise gemessen wurde, war — 47° C. Diese Temperatur stellt einen ungefähren Grenzwert dar, bei dem der Wärmeverlust der Oberfläche infolge der Ausstrahlung durch Wärmezufuhr infolge Leitung von dem Meerwasser unter dem Eise aufgehoben wird. Die Windverhältnisse zeigen in Bodennähe charakteristische Züge. An der oberen Grenze der dünnen kalten Luftschicht nimmt die Windgeschwindigkeit plötzlich zu, weil die relativ warme Luft über die kalte Luft gleitet. Diese Verhältnisse sind auch im Frühjahr, wenngleich weniger ausgeprägt, vorhanden. Für die Luftfahrt in arktischen Regionen sind diese Erkenntnisse von größter Bedeutung.

W. Bleistein, Berlin, *Das Starrluftschiff und seine Entwickelungsmöglichkeit für Weltverkehr und Forschungsarbeit.* Das Starrluftschiff genügt den Ansprüchen, die man an Verkehrsmittel für den Schnellverkehr über weite Strecken stellen kann. Seine Betriebssicherheit ist relativ hoch und die Reisegeschwindigkeit in ununterbrochener Fahrt über lange Strecken hält den Vergleich mit dem Flugzeug-Etappenverkehr aus. Wenn auch Anlage- und Betriebskosten hoch sind, so ist doch die Rentabilität durch die große Leistungsfähigkeit der modernen Schiffe gewährleistet. Die bereits in der Einrichtung begriffenen Verkehrsunternehmungen beweisen das Vertrauen, das in die Zukunft des Starrluftschiffes und seine Entwickelungsfähigkeit gesetzt wird. Ein Starrluftschiff, ausschließlich für Zwecke der Forschung zu bauen, wäre zu kostspielig. Es ist aber leicht möglich, ein aus dem Verkehrsdienst stammendes Luftschiff den Zwecken der Forschung anzupassen; denn dieselben Eigenschaften, die das Starrluftschiff für Verkehrszwecke brauchbar machen, sichern seinen Wert als Forschungsmittel. Die Größe der Nutzlast erlaubt weite Vorstöße sowie die Mitnahme einer großen Gruppe von Forschern aus allen Zweigen der interessierten Wissenschaften, eine reiche Ausstattung an Instrumenten und Apparaten für die anzustellenden Forschungen und die Ausrüstung zur Sicherung der Expeditionsteilnehmer gegen alle Zwischenfälle.

A. Wigand, Hohenheim-Stuttgart, *Luftelektrische Aufgaben der arktischen Forschung.* Es handelt sich im wesentlichen um 3 Aufgaben: 1. Das luftelektrische Feld der Erde in höchsten Breiten. Erst durch neue hochpolare Messungen läßt sich die Frage entscheiden, ob die Erdladung die primäre Ursache des beobachtenden Spannungsgefälles ist, oder ob sie etwa durch eine Luftraumladung der Polarkappen influenziert wird. Auf festen Stationen ist es von besonderem Interesse zu untersuchen, ob und wie man die von M. Auchly und K. Hoffmann gefundene tägliche Universalzeitperiode des Spannungsgefälles auch im höchsten Norden finden wird. Von einigen Forschern werden für das Problem der Erdfelderhaltung arktische Wiederholungen der bisher erfolglos gebliebenen Versuche von v. Schweidler und Swann gewünscht, die den Nachweis einer sehr harten, von oben kommenden negativen Corpuscularstrahlung zum Ziel hatten. 2. Die atmosphärische Ionisierungsbilanz, d. h. der Vergleich des beobachteten Ionisationszustandes mit den gemessenen Vorgängen der Ionenerzeugung und Ionenvernichtung, macht beträchtliche Schwierigkeiten und verdient doch als grundlegendes Problem besondere Beachtung. In der Arktis vereinfacht sich diese Frage in solchen

Gebieten, wo durch restlose und weit ausgedehnte Eisbedeckung sowie durch Ausschluß der Zufuhr frischer kontinentaler Luft die radioaktiven Bestandteile des Wassers und der Luft auf geringe und konstante Beträge herabgesetzt sind. Als überwiegend wirksamer Ionisator wird hier wie auch sonst über großen Meeren in Landferne die durchdringende Höhenstrahlung in Betracht kommen, deren Intensitätsmessungen daher als eine der wichtigsten arktischen Aufgaben zu bezeichnen ist, besonders im Luftschiff in verschiedenen Seehöhen. 3. Bestehen gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen den Schwankungen des luftelektrischen Feldes, des Erdmagnetismus und des Erdstromes, verbunden mit dem Polarlicht? Ist ein luftelektrisch erfaßbarer Vorgang das Bindeglied? Das gemeinsame planmäßige Studium dieser einzelnen Erscheinungen in der Arktis, besonders in den Gebieten um den magnetischen Pol, muß in diese Fragen Licht bringen. Wie steht es mit der Existenz der Bauerschen Ströme, erdmagnetisch gefordert, aber luft- und erdelektrisch nicht auffindbar, in der Arktis? Vielleicht bringt uns hier die Wiederholung des Schweidler-Swannschen Versuches im hohen Norden weiter.

O. Baschin.

Zuschriften.

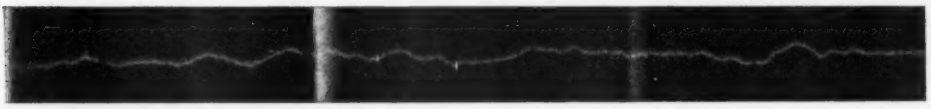
Der Herausgeber bittet, die ***Zuschriften*** auf einen Umfang von ***höchstens*** einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß mit Ablehnung oder einer Veröffentlichung nach längerer Zeit gerechnet werden.

Für den Inhalt der Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über die Messung der rotatorischen Brownschen Bewegung mit Hilfe einer Drehwage.

Vor kurzem hat der eine[1]) von uns bei Beschreibung eines sehr empfindlichen Heisschen Manometers darauf hingewiesen, daß dessen Ablesegenauigkeit durch Schwankungen von etwa $^1/_2$ Skalenteil begrenzt war. Da diese sich von allen äußeren Bedingungen unabhängig erwiesen, vermuteten wir in ihnen Brownsche Bewegung. Es gelang die Empfindlichkeit bei völliger äußerer Störungsfreiheit so zu steigern, daß die Schwankungen eines Spiegels von etwa 0,8 mal 1,6 qmm Fläche (etwa 0,2 mg) an einem Quarzfaden von einigen Zehntel μ Dicke und einigen Zentimeter Länge bei $1^1/_2$ m Skalenabstand einige Zentimeter betrugen. Die Direktionskraft war 6,7 mal 10^{-7} abs. Einh. Es wurde teils durch Ablesung, teils durch photographische Registrierung das mittlere Schwankungsquadrat bestimmt. Theoretisch war für die Größe $\sqrt{(\delta x)^2}$ 0,868 zu erwarten. Messungen ergaben:

Druck in mm Quecksilber		beobachtetes $\sqrt{(\delta x)^2}$				
etwa 740	mm	0,829	0,792	0,858	0,810	0,806
186	mm	0,901				
0,1	mm	0,894	0,889			
0,02	mm	0,896				
0,005	mm	0,757	0,841			
0,002	mm	0,919				
0,001	mm	0,877	0,784			



Photographische Registrierung der Brownschen Bewegung einer Drehwage.

Die Figur gibt eine photographische Registrierung über 3 Minuten (Ausschnitt aus einem längeren Film). Insbesondere war das mittlere Schwankungsquadrat unabhängig vom Druck zwischen 1 Atmosphäre und 10^{-6} Atmosphären, der Größe des Trägheitsmomentes (Variationsbereich 1 : 8) und der Dämpfung. Aus der Anzahl der Ablesungen sollte der theoretische Wert auf 7% erreicht sein.

Über umfangreichere Messungen, besonders auch über die Messung als Funktion der Temperatur, welche diese Anordnung leicht gestattet, wird in kurzem an anderer Stelle ausführlich berichtet werden.

Tübingen, Physikalisches Institut, den 16. November 1926. W. Gerlach. E. Lehrer.

[1]) E. Lehrer, Ann. d. Phys. **81**, 229. 1926.

Über eine Deutungsmöglichkeit der Kleinschen fünfdimensionalen Welt.

De Broglie[1]) und Schrödinger[2]) haben eine Theorie des Elektrons entwickelt, in welcher dasselbe durch einen Wellenvorgang im dreidimensionalen Raume charakterisiert ist. Die Phasengeschwindigkeit u dieser Wellenbewegung hängt von ihrer Frequenz ν ab (sie hat also eine Art Dispersion), es ist nämlich (im kräftefreien Fall):

$$u = \frac{h\nu c}{\sqrt{h^2\nu^2 - m_0^2 c^4}}$$

h = Planckscher Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit, m_0 = Elektronenruhmasse.

Diese Auffassung fand kürzlich durch O. Klein[3]) eine merkwürdige Umdeutung in einen Wellenvorgang einer fünfdimensionalen Welt (x, y, z, t und eine neue räumliche Dimension w), deren physikalischer Sinn bisher völlig dunkel war[4]).

Es sprechen verschiedene Anzeichen dafür, daß ***die neue Raumdimension w mit dem vierten Freiheitsgrad des Elektrons in Zusammenhang zu bringen ist***, welcher aus spektroskopischen und anderen Gesichtspunkten von Pauli[5]) ursprünglich ebenfalls gänzlich formal zunächst in Gestalt einer vierten Quantenzahl dem Elektron zugeordnet wurde, bis er dann durch Goud-

[1]) L. de Broglie, Ann. de. phys. (10) **3**, 22. 1925.

[2]) E. Schrödinger, Ann. d. Phys. **79**, 361, 489, 734; **80**, 437. 1926; Naturwissenschaften **14**, 664. 1926.

[3]) O. Klein, Zeitschr. f. Phys. **37**, 895. 1926.

[4]) Die Absicht dieser Verallgemeinerung war, Gravitation und elektromagnetisches Feld im Sinne der Theorie von Kaluza unter einem einheitlichen Gesichtspunkt behandelt in die Schrödingersche Theorie einzuordnen.

[5]) W. Pauli, Zeitschr. f. Phys. **31**, 765. 1925.

SMIT und UHLENBECK[1]) als *Elektronendrall* eine so konkrete und fruchtbare Deutung gefunden hat.

Wir wollen die Gründe für diese Vermutung durchdiskutieren.

1. Vergleicht man — zunächst im Sinne der klassischen Mechanik — die kinetische Energie eines mit dem Drehimpuls $\mathfrak{d} = \frac{\hbar}{2\pi}$ rotierenden Elektrons mit seiner elektromagnetischen Energie, welche in der Theorie der scheinbaren Masse für die „Ruhenergie" $m_0 c^2$ verantwortlich gemacht wird, so sieht man sofort, daß bei den üblichen Elektronenradien ($a \backsim 10^{-13}$ cm) die kinetische Energie mindestens tausendmal größer als $m_0 c^2$ ausfällt und ihr gegenüber die elektromagnetische Energie völlig zu vernachlässigen ist.

2. Demzufolge, vermuten wir, ist in der relativistischen Energiegleichung für den *kräftefreien* Fall (auf den wir uns hier beschränken)

$$-\frac{E^2}{m_0 c^2} + m_0 c^2 + \frac{p^2}{m_0} = 0 \qquad \begin{matrix} E = \text{Energie}, \\ p = \text{Translationsimpuls}. \end{matrix}$$

die Ruhenergie $m_0 c^2$ als Rotationsenergie zu deuten[2]):

$$-\frac{E^2}{m_0 c^2} + \frac{\mathfrak{d}^2}{\Theta} + \frac{p^2}{m_0} = 0 \qquad \begin{matrix} \mathfrak{d} = \text{Drehimpuls}, \\ \Theta = \text{„Trägheitsmoment"} \end{matrix}$$

für $\mathfrak{d} = \frac{\hbar}{2\pi}$ erhält man also $\Theta = \frac{\hbar^2}{4\pi^2 m_0 c^2}$.

a) Bezeichnen wir die zu $\mathfrak{d}$ kanonisch konjugierte Variable mit w, so erhalten wir gemäß der bekannten Vorschrift aus der quadratischen Form des Energiesatzes die Maßbestimmung der fünfdimensionalen Welt:

$$d\sigma^2 = -c^2 dt^2 + \frac{\hbar^2}{4\pi^2 m_0^2 c^2}\, dw^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$$

und als SCHRÖDINGERsche Wellengleichung:

$$0 = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + \frac{4\pi^2 m_0^2 c^2}{\hbar^2}\frac{\partial^2 \psi}{\partial w^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2};$$

das ist aber gerade die von KLEIN für den kräftefreien Fall angegebene Differentialgleichung. In unserer Maßbestimmung ist der Wellenvorgang in der KLEINschen Welt dispersionsfrei, und zwar hat er die universelle Geschwindigkeit c. Für den Umfang der zyklisch-geschlossenen w-Dimension ergibt unsere Maßbestimmung $\frac{\hbar}{m_0 c}$.

b) Daß in der Maßbestimmung des KLEINschen Raumes die Rotationsdimensionen orthogonal auf den übrigen Dimensionen anzunehmen sind, erklärt sich hierbei ungezwungen aus der Unabhängigkeit von Rotations- und Translationsbestandteil im Ausdruck für die kinetische Energie.

3. Geht man — unabhängig von unserer Deutung — von der KLEINschen Gleichung als etwas Gegebenem aus und verlangt von ihren *Lösungen*, daß sie auch Lösungen der SCHRÖDINGERschen Wellengleichung sind, so kann man gewisse Aussagen über die *Randbedingungen* hinsichtlich w machen und damit etwas über die neue Raumdimension selbst erfahren.

a) Es ist jedenfalls w als eine zyklische Variable aufzufassen, der KLEINsche Raum also als eine Röhre von 5 Dimensionen zu denken: andernfalls würde der zugehörige Eigenwertparameter (wie es beispielsweise für x, y, z der Fall ist) einen kontinuierlichen Bereich erfüllen, was die Gleichung von KLEIN in Widerspruch mit der SCHRÖDINGERschen Gleichung setzen würde.

b) Aus demselben Grunde ergibt sich weiterhin, daß nur eine *einzige* Lösung aus der diskreten Reihe der mathematisch möglichen Lösungen zulässig ist. Gerade dieses Resultat ist außerordentlich befriedigend, denn die bisherigen Erfahrungen haben übereinstimmend das Auftreten nur des niedrigsten Rotationszustandes des Elektrons gezeigt.

c) Daß im übrigen keine Übergänge in die (mathematisch möglichen) höheren Rotationszustände vorkommen, ist vorauszusehen, wenn man sich die Strahlungslosigkeit des korrespondierenden klassischen Vorganges vergegenwärtigt.

4. Für die Rotation des *ruhenden* Elektrons erhält man als Frequenz der im w-Raum umlaufenden Welle den DE BROGLIEschen Wert $\nu = \frac{m_0 c^2}{\hbar}$. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, für den rätselhaften Schwingungs*vorgang*, welcher nach den Vorstellungen von DE BROGLIE auch das scheinbar *untätige* Elektron begleiten soll, die Eigenrotation desselben verantwortlich zu machen.

Im kräftefreien Fall ist der Rotator hinsichtlich seiner Richtung zweifach entartet. Im allgemeinen wäre noch zwei weiteren Freiheitsgraden Rechnung zu tragen. Bei Berücksichtigung äußerer Kräfte gelangt man infolgedessen nicht auf die KLEINsche Gleichung.

Stuttgart, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 17. November 1926. F. LONDON.

Nachschrift.

Herr S. GOUDSMIT machte mich darauf aufmerksam, daß das dem wellenmechanischen Ansatz entsprechende *„klassische" Modell* — ich wagte nicht, es näher auszumalen, da wir jetzt wissen, daß die HAMILTONschen Funktionen *unmittelbar* nichts mit dem Sitz der Materie zu tun haben (um die punktförmige elektrische und magnetische Feldsingularität rotiert mit Lichtgeschwindigkeit ein Kreisring vom Radius $\frac{\hbar}{2\pi m_0 c}$ und der scheinbaren Masse m_0) — daß dieses klassische Modell kürzlich von J. C. SLATER[1]) von völlig anderen Ideen ausgehend diskutiert worden ist. So wenig man jetzt noch in allen Einzelheiten den kühnen Vorstellungen SLATERS wird zustimmen wollen, so möchte ich doch die Aufmerksamkeit auf den hier vorliegenden äußerst merkwürdigen Zusammenhang lenken. Man wird in jener interessanten Note untendenziöse und sehr tiefliegende Argumente finden für die von uns vorgeschlagene Auffassung, daß für die Ruhenergie und also auch für die mit ihr verbundene DE BROGLIEsche Schwingung die Eigenrotation des Elektrons verantwortlich ist — um so überzeugender, als diese Konsequenz gar nicht in der Absicht jener Note lag.

Berechnung des Energiewertes des Wasserstoffmolekel-Ions (H_2^+) im Normalzustand.

Die SCHRÖDINGERsche partielle Differentialgleichung für das Zweizenterproblem kann durch Einführung elliptischer Koordinaten in gewöhnliche Differentialgleichungen gespalten werden (Separation der Variabeln).

[1]) S. GOUDSMIT und G. E. UHLENBECK, Naturwissenschaften 13, 953. 1925; Nature 117, 264. 1926.

[2]) Die hiermit bekundete Kritik an der „Feldtheorie" der elektromagnetischen Energie findet man in dem soeben erschienenen Buche von J. FRENKEL (Lehrbuch der Elektrodynamik, Berlin 1926) eingehend diskutiert. Ich möchte dieser Auffassung in weitem Maße hier das Wort geben.

[1]) J. C. SLATER, Nature 117, 587. 1926.

Durch Anwendung von numerischen Methoden habe ich für verschiedene Abstände zwischen den beiden Wasserstoffkernen den Energieparameter desjenigen Zustandes berechnet, dessen SCHRÖDINGERsche Wellenfunktion keine Nullstellen hat, und damit den Wert dieses Parameters als Funktion des Abstandes gefunden. Die totale Energie des Ions ergibt sich durch Hinzufügung der gegenseitigen potentiellen Energie der Kerne. Diese totale Energie hat ein Minimum für einen Abstand von 2,0 ± 0,1 Wasserstoffatomradien. Der Minimalwert entspricht dem (1,204 ± 0,002) = fachen der Energie des Normalzustandes des Wasserstoffatoms. Dieser Minimalwert der Energie muß eben der Energiewert des Normalzustandes des Wasserstoffmolekel-Ions sein. Um die beiden Kerne und das Elektron voneinander zu entfernen, braucht man also eine Spannung von 16,1 Volt (bezogen auf 13,5 Volt als Ionisierungsspannung des Wasserstoffatoms, dabei ist die Nullpunktsenergie der Kernschwingung mit 0,2 Volt berücksichtigt); um einen der Kerne zu entfernen, braucht man 2,6 Volt. Unter Hinzuziehung des experimentellen Wertes für die Dissoziationsarbeit der Wasserstoffmolekel in Atome (4,4 Volt) ergibt sich als Ionisierungsspannung der Wasserstoffmolekel 15,3 Volt. ($2 \cdot 13{,}5 + 4{,}4 - 16{,}1 = 15{,}3$.) Dieser Wert dürfte dem experimentellen Wert, der zu 16,1 Volt angegeben wird, genügend nahe kommen.

Kopenhagen, Institut for teoretisk Fysik, den 22. November 1926. ØJVIND BURRAU.

Das Intensitätsverhältnis der Hauptseriendubletts der Alkalimetalle.

Im vorigen Jahr hat der eine[1]) von uns in dieser Zeitschrift eine vorläufige Mitteilung über Intensitätsmessungen an den Komponenten der Hauptseriendubletts der Alkalien publiziert. Am 2. K-, 2. Rb- und 2. und 3. Cs-Hauptserienglied hatten die Messungen den Wert 2 : 1 für das Intensitätsverhältnis (I.-V.) der Komponenten ergeben, woraus also zu schließen war, daß die Intensitätsregel III von BURGER-DORGELO auch an höheren Hauptseriengliedern erfüllt ist. Bei den Messungen am 2. Rb-Glied war die Dampfdichte (gefärbte Knallgasflamme als Lichtquelle) stark variiert worden.

Auf Grund verschiedener Bedenken, im besonderen auch der entgegenstehenden Ergebnisse, zu denen die Untersuchungen von FILIPPOV[2]) führten, haben wir die Versuche gemeinsam wieder aufgenommen und bei dem bisher untersuchten 2. Hauptserienglied von Rb und Cs gefunden, daß die oben angegebenen Meßergebnisse mit einem methodischen Fehler behaftet waren.

Bei den neuen Versuchen prüften wir nämlich vor allem die Frage, ob in der für die Linienemission verwendeten Flamme die Zentrenzahl in der Tat so gering ist, daß das I.-V. der Komponenten nicht durch die Eigenabsorption herabgedrückt wird. Zu diesem Zweck wurde *gleichzeitig* mit der Linienhelligkeit die sog. *„Linienabsorption"* untersucht, d. h. im vorliegenden Fall — gemäß der Definition von LADENBURG-REICHE (Ann. d. Phys. **42**, 181. 1913) — die Absorption der Flamme für das Licht einer zweiten, völlig gleichen Flamme. Sie wurde nach der von GOUY (1879) verwendeten Methode durch Bestimmung des Helligkeits*zuwachses* ermittelt, den die Dublettkomponenten bei Verdoppelung der Schichtdicke (Spiegelung der Flamme) erfahren.

Es zeigte sich zunächst, wenn man die Konzentration der zur Flammenfärbung verwendeten Salzlösung zwischen (angenähert) denselben Grenzen wie bei den früheren Versuchen variierte, am 2. Rb-Glied ein kleiner, die Fehlergrenze nur wenig übersteigender Anstieg des I.-V. mit abnehmender Konzentration (von ∞ 2 auf ∞ 2,3); bei den früheren Versuchen wurde dieser durch eine Unzulänglichkeit der Methode verschleiert, der zufolge der kontinuierliche Grund am Ort der Linien nicht in richtiger Weise in Anrechnung gebracht werden konnte. Am 2. Cs-Glied führte diese Unzulänglichkeit zu beträchtlichen Fehlern (vgl. hierüber die demnächst erscheinende Dissertation von H. JAKOB).

Die Messungen am 2. Rb-Glied ($\lambda = {}^{4202}/_{4215}$ Å.) ergaben, daß bei Flammenfärbungen, bei denen das *beobachtete* I.-V. angenähert gleich 2 ist, die Linienabsorption an der schwachen Komponente 20—30%, an der starken 35—40% beträgt. Das wahre I.-V. ist demnach größer als 2. Die bisherigen Beobachtungen, bei denen unendlich kleine Linienabsorption noch *nicht mit Sicherheit* erreicht wurde, lassen unter Zuhilfenahme der von LADENBURG-REICHE (l. c.) gegebenen Berechnungen auf einen zwischen 2,3 und 2,6 gelegenen Wert für das Intensitätsverhältnis der beiden Linien bei unendlich kleiner Zentrenzahl schließen.

Beim 2. Cs-Glied ergaben sich bei Dampfdichten, die den früher von JAKOB verwendeten entsprachen, ebenfalls noch beträchtliche Werte der Linienabsorption. Doch konnte sie hier, bei äußerst geringer Konzentration der in die Flamme eingeführten Salzlösung, auf einen innerhalb der Fehlergrenze verschwindenden Betrag gebracht werden; der Wert des I.-V. betrug hierbei angenähert 4 (Fehlergrenze mindestens ± 6%), was mit den Ergebnissen von FILIPPOV übereinstimmt, der auf Grund seiner Messungen bei noch etwas höheren Dampfdichten 4 als den wahren Wert bei unendlich kleiner Zentrenzahl vermutete.

Die neuen Ergebnisse wurden auf der Tagung der Deutschen Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf (September 1926) im Anschluß an einen Vortrag von FÜCHTBAUER über ein ähnliches Thema mitgeteilt. Eine ausführlichere Wiedergabe wird an anderer Stelle erfolgen.

Breslau, Physikalisches Institut der Universität, November 1926. H. KOHN. H. JAKOB.

[1]) H. JAKOB, Das Intensitätsverhältnis der Hauptseriendubletts der Alkalimetalle. Naturwissenschaften **13**, 906. 1926; vorläufige Mitteilung der Resultate einer auf Veranlassung von R. LADENBURG begonnenen und nach dessen Fortgang von Breslau unter der Leitung von H. KOHN durchgeführten Dissertation.

[2]) A. FILIPPOV, Zeitschr. f. Phys. **26**, 477. 1926.

Besprechungen.

FRANCK, J., und P. JORDAN, **Anregung von Quantensprüngen durch Stöße.** (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK, III.) Berlin: Julius Springer 1926. VIII, 312 S. und 51 Abbild. 14 × 22 cm. Preis geh. RM 19.50, geb. RM 21.—.

Zweck der von BORN und FRANCK herausgegebenen Sammlung von Monographien „Struktur der Materie", als deren III. Band das vorliegende Buch erscheint, ist es, für die verschiedenen Teilgebiete der Forschung, die sich unter diesem Namen zusammenfassen lassen, Einzeldarstellungen zu geben, die nach Form und Umfang geeignet sein sollen, als Grundlage für die weitere Forschung zu dienen. Wohl für keines der verschiedenen Teilgebiete ist das Fehlen eines Buches, das den oben gestellten Anforderungen genügt, so un-

angenehm empfunden worden als gerade für das Gebiet der atomaren Stoßprozesse. Die experimentellen Ergebnisse dieser Untersuchungen bilden ja eine der wichtigsten Grundlagen der Bohrschen Atomtheorie, so daß niemand, der sich überhaupt mit Atomphysik beschäftigt, an diesem Forschungsgebiet vorübergehen kann. Als einzige größere zusammenfassende Darstellung in deutscher Sprache gibt es seit 1925 die deutsche Übersetzung des Buches von Compton und Mohler (s. diese Zeitschr. 13, 953. 1925): Ionisierungs- und Anregungsspannungen. Ohne den Wert dieses ausgezeichneten Buches herabsetzen zu wollen, muß man doch sagen, daß durch dasselbe die Lücke in der atomphysikalischen Literatur nur teilweise ausgefüllt wird. Denn erstens beschränkt sich der Inhalt desselben speziell auf die Methoden und Ergebnisse des Elektronenstoßverfahrens, während sich das Buch von Franck und Jordan, wie schon ein Vergleich der Titel zeigt, ein viel weiteres Ziel setzt, und zweitens ist das Buch von Compton und Mohler im wesentlichen eine Zusammenfassung der experimentellen Tatsachen und ihrer Deutung, während bei Franck und Jordan auch die problematische Seite der Stoßprozesse eine tiefgehende Behandlung erfährt. Außerdem ist es ein wesentliches Charakteristicum des neuen Buches, daß es Kritik übt. Kritik einerseits an der Durchführung der Experimente, andererseits an der Deutung der Ergebnisse. Beides braucht keineswegs immer einen Vorwurf für den Autor der betreffenden Originalarbeit zu enthalten, denn einerseits hat man natürlich erst allmählich gelernt, die Fehlerquellen bei den Experimenten zu erkennen und zu beseitigen, und andererseits hat die theoretische Auffassung entsprechend der rapiden Entwicklung der Atomtheorie so weitgehende Umwandlungen erfahren und Fortschritte gemacht, daß viele Anschauungen aus noch nicht weit zurückliegender Zeit heute als veraltet und überholt angesehen werden müssen. So kommt es, daß manche ältere Arbeiten überhaupt keine Erwähnung finden und die Ergebnisse anderer Arbeiten anders gedeutet werden, als die Verfasser es selbst getan haben. Es stellt also das Buch besonders in den Teilen, die sich mit der Deutung der Experimente beschäftigen, sozusagen eine Momentpanoramaaufnahme der heutigen Auffassungen vom Wesen der atomaren Stoßprozesse dar. Bei den Namen der Verfasser, die, wie bei Band I der Sammlung (Back, Landé), wieder eine glückliche Kombination von Experimentator und Theoretiker darstellen, ist es selbstverständlich, daß dies Bild mit einer Linse allererster Qualität von besonderer Tiefenschärfe aufgenommen ist und deshalb viele Einzelheiten enthüllt, die bisher auch in keiner Teilaufnahme (alias Originalarbeit) zu sehen waren. Das verleiht der Lektüre des Buches einen ganz besonderen Reiz. Dem ganzen Zweck des Buches entsprechend ist also die Art der Darstellung im wesentlichen zusammenfassend und kritisch und nur selten elementar belehrend. Gewisse Kenntnisse der Bohrschen Atomtheorie und z. B. auch der Gesetzmäßigkeiten der Spektren müssen für das Verständnis vorausgesetzt werden.

Wenn wir nun auf den Inhalt des etwa 300 Seiten starken Buches spezieller eingehen, so wollen wir die Teile besonders hervorheben, die bisher überhaupt noch keine zusammenfassende Darstellung in einem Buche gefunden haben. Nach einer kurzen, prägnanten und dem neuesten Stande der Forschung angepaßten Einleitung über die Grundlagen der Quantentheorie beschäftigt sich das 1. Kapitel mit der Kinetik langsamer Elektronen. Hier werden zunächst die Methoden zur Bestimmung der freien Weglängen der Elektronen in Gasen und Dämpfen behandelt und ihre Ergebnisse, insbesondere der Ramsauer-Effekt, diskutiert; dann folgt eine zusammenfassende Darstellung der bekannten schönen Versuche von Franck und Hertz aus dem Jahre 1913 über die Kinetik langsamer Elektronen, die ja die Grundlage bilden für das Elektronenstoßverfahren. Anschließend wird die Theorie von Hertz über die Bewegung langsamer Elektronen gebracht. Das 2. Kapitel enthält dann die Beschreibung der Methoden zur Bestimmung kritischer Potentiale. Daß hier sämtliche Methoden, einschließlich der spektroskopischen und der mit magnetischer Ablenkung der gebildeten Ionen arbeitenden, ausführlich dargestellt werden, bedarf kaum der Erwähnung. Im 3. Kapitel wird dann die Deutung der kritischen Potentiale der Atome im Zusammenhange mit den Serienspektren gegeben. Hier sind auch die Zahlenwerte sämtlicher bisher an Atomen gemessenen kritischen Potentiale der Elemente, nach Vertikalreihen des periodischen Systems zusammengefaßt, zu finden. Ausführliche Literaturangaben ermöglichen hier, wie auch in allen anderen Teilen des Buches, ein Zurückgehen auf die Originalarbeiten. Das 4. Kapitel ist der ebenso interessanten wie schwierigen Frage nach der Ausbeute an Quantensprüngen bei Elektronenstößen gewidmet. Hier wird die Wahrscheinlichkeit der Anregung und der Ionisierung theoretisch behandelt und das wenige bisher vorliegende experimentelle Material kritisch besprochen. Es ist dies wohl eine erstmalige zusammenfassende Darstellung der diesbezüglichen Arbeiten. In dem 5. Kapitel, das sich mit dem Umsatz kinetischer Energie und Wärmeenergie atomarer Gebilde in Anregungsenergie beschäftigt, wird zunächst die auch heute noch wenig geklärte Frage nach den Gesetzen des Stoßes positiver Ionen gestreift und dann die Temperaturanregung und Temperaturionisation kurz besprochen, soweit es der Zusammenhang mit dem eigentlichen Thema des Buches erfordert. Mit dem 6. Kapitel beginnt insofern ein zweiter Teil des Buches, indem nunmehr die Frage aufgeworfen wird, was mit der Anregungsenergie geschieht, die ein Atom durch Stoß aufgenommen hat. Nach einem sehr lehrreichen Absatz über die Methoden zur Bestimmung der natürlichen Lebensdauer der angeregten Atome folgt dann eine auch wohl bisher noch nicht existierende zusammenfassende Darstellung über die theoretischen Grundlagen der Stöße zweiter Art und die dazugehörigen Experimente. Anschließend werden behandelt die damit zusammenhängende Begrenzung der Lebensdauer metastabiler Zustände und die Depolarisation von Fluorescenzlicht durch Stöße. Dies besonders interessante Kapitel schließt mit theoretischen Bemerkungen zur Übergangswahrscheinlichkeit bei Atomstößen. Das 7. Kapitel beschäftigt sich dann mit den kritischen Potentialen der Moleküle. Während bei den Atomen durch den Zusammenhang mit den Serienspektren die Deutung der kritischen Spannungen im allgemeinen wenig Schwierigkeiten mehr bereitet, sind die Verhältnisse bei den Molekülen viel verwickelter, weil außer Anregung und Ionisation auch noch Dissoziation auftreten kann und außerdem die Bandenspektren noch nicht entfernt so weit bekannt und entwirrt sind wie die Atomspektren. Die Darstellung der Verfasser zeigt, wie zum Teil allerdings erst in allerletzter Zeit auch in die Deutung der kritischen Spannungen der Moleküle Klarheit kommt, so daß auch dieses Kapitel besonders anregend wirkt. Das letzte 8. Kapitel ist dann dem Problem der Verknüpfung der Quantensprünge mit chemischen Reaktionen gewidmet. Hier

befindet sich die Forschung wohl noch am Anfange einer Entwicklung, die für die Zukunft ebenso wichtige wie interessante Aufschlüsse verspricht.

Zahlreiche Tabellen und Figuren ergänzen den Text. Wenn wir bezüglich der letzteren einen Wunsch äußern dürfen, so wäre es der, die Figuren mit einer kurzen Unterschrift zu versehen, etwa so, wie es in den NATURWISSENSCHAFTEN üblich ist. Wenn z. B. in Fig. 42 das Bogen- und Einlinienspektrum von Ca wiedergegeben wird, so vermissen wir doch sehr eine Angabe der Wellenlängen. Außerdem scheint es uns bedauerlich, daß hier nicht auch das Spektrum aus der Originalarbeit von FRANCK und HERTZ (Verhandl. d. Dtsch. Phys. Ges. 16, 515. 1914), das die Anregung der Hg-Linie 2536 durch Elektronenstoß zeigt, als Figur aufgenommen worden ist. Diese fundamentale Entdeckung hätte schon aus Gründen des historischen Interesses eine figürliche Wiedergabe in diesem Buche verdient. Aber das sind natürlich nur Schönheitsfehler, die gegenüber dem ungeheuren Wert, der in der zusammenfassenden Darstellung und der geistigen Durchdringung eines großen Forschungsgebietes liegt, überhaupt keine Rolle spielen. Die wissenschaftliche Welt besitzt nunmehr endlich ein Standardwerk für das Gebiet der Anregung von Quantensprüngen durch Stöße, in dem der Forscher nicht nur Methoden und Tatsachen nachlesen kann, sondern aus dem er auch vielfache Anregungen entnehmen wird. Dies Buch wird von den Physikern der ganzen Welt freudig begrüßt werden.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

EGGERT, JOHN, **Lehrbuch der Physikalischen Chemie** in elementarer Darstellung. Leipzig: S. Hirzel 1926. IX, 538 und 111 Abbildungen. Preis geh. RM 24.—, geb. RM 26.—.

Der Lehrer der physikalischen Chemie, der regelmäßig bei Beginn der Vorlesung der Frage gegenübersteht, welches Buch er den Studenten zum Gebrauch neben der Vorlesung empfehlen soll, war bei ihrer Beantwortung in der letzten Zeit immer in einiger Verlegenheit: NERNSTS ausgezeichnetes Lehrbuch ist für die Bedürfnisse und vor allem für den Geldbeutel des Studenten allmählich zu groß geworden, das von EUCKEN setzt einen Leser voraus, der wesentlich mehr mathematische Kenntnisse mitbringt als sie der normale Chemiker — und der liefert nun einmal das Hauptkontingent unserer Hörer — besitzt oder in mäßiger Zeit erwerben kann, und von den sonst noch vorhandenen scheint dies aus diesem, jenes aus jenem Grunde minder geeignet. So hat der Berichterstatter, und mancher Kollege wahrscheinlich mit ihm, das Buch von EGGERT begrüßt in dem Gedanken, daß es bestimmt sein sollte, diese Lücke zu schließen.

Nun, im Vorwort ausgesprochen ist dieser Zweck des Buches nicht als ausschließlicher: es ist „vorwiegend für Leser bestimmt, die sich in die physikalische Chemie einarbeiten und den inneren Zusammenhang ihrer Einzelprobleme kennenlernen wollen; es soll aber auch denjenigen dienen, denen es an Gelegenheit mangelt, die neuere Entwicklung des Gebietes in der speziellen Fachliteratur zu verfolgen".

Also ein Lehrbuch für den Studenten, aber auch über den hierdurch gegebenen engeren Rahmen hinaus eine Übersicht über das, was im Gebiet der physikalischen Chemie gearbeitet und geleistet worden ist.

Dementsprechend ist die Darstellungsweise eine elementare: die Grundlagen von Chemie und Physik werden vorausgesetzt, dazu an mathematischen Dingen eigentlich nur der Begriff eines Differentials und Integrals, und in der Sprache des Buches findet man überall das Bestreben nach leichter Verständlichkeit und Anschaulichkeit."

Was die Einteilung des Stoffes anlangt, so kann sie am besten mit des Verfassers eigenen Worten wiedergegeben werden: „Der erste große Abschnitt des Buches führt in die atomistische Betrachtungsweise ein: sie wird an Hand der klassischen Atomtheorie und der einfachsten Sätze aus dem Gebiet der Thermodynamik, der kinetischen Theorie und der Quantentheorie erläutert. Der zweite Abschnitt behandelt die Lehre von den Stoffen. Er beginnt mit der Betrachtung der Atome, geht dann zu den Molekeln und schließlich zu den verschiedenen Anordnungsformen der Materie (Aggregatzustände, Gemische usw.) über. Dieser letzte Unterteil, ‚die Aggregationen' genannt, wird auf den ersten Anblick vielleicht als ungewöhnlich zusammengestellt empfunden werden; jedoch ergab sich diese Gliederung aus dem Zusammenhange ganz ungezwungen. Der dritte Abschnitt enthält die Lehre von den chemischen Vorgängen. Hier ist die übliche Teilung in Massenwirkungsgesetz, Thermochemie, Elektrochemie, Chemische Kinetik und Photochemie beibehalten worden." Die einzelnen Gebiete der Kolloidchemie sind in diesen Kapiteln an geeigneten Stellen untergebracht.

Diese Anordnung des behandelten Stoffes zeigt, daß der Verfasser sich bemüht, eigene Wege zu gehen, und eine Durchsicht des Buches bestätigt das: überall erkennt man, daß er die Art der Darstellung gründlich überdacht hat, daß er bestrebt ist, seine Gegenstände so zu schildern, daß der Leser sie mit möglichst geringer Mühe verstehen kann, und im allgemeinen ist zu sagen, daß das sehr gut geglückt ist, daß das Buch sein Ziel in durchaus befriedigender Weise erreicht.

Aber bei der Schwierigkeit der gestellten Aufgabe kann es nicht ausbleiben, daß Einzelnes nicht ganz so gelungen erscheint, wie es zu wünschen wäre. Das gilt zunächst für die Anordnung: es ist unmöglich, ein Gebiet wie das besprochene so abzuhandeln, daß man nicht hier und da verweisen muß auf Dinge, die erst in späteren Abschnitten ausführlich dargelegt werden können. Das ist unvermeidlich, und der Verfasser trägt dem Rechnung durch außerordentlich zahlreiche Hinweise auf Stellen, wo solche näheren Erläuterungen, wo verwandte Dinge besprochen sind auf späteren (aber auch auf früheren) Seiten des Buches, und diese Hinweise sind zu bequemster Benutzung als Marginalien neben den Text gesetzt. Aber diese Hinweise auf spätere Seiten gehen manchmal etwas weit: schon auf Seite 29 werden wir mit dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik vertraut gemacht; der zweite wird hier nicht angeschlossen, obschon das logisch ganz gut möglich wäre. Wir lernen ihn erst viel später — Seite 176 — kennen, nachdem längst vorher mit dem Begriff der maximalen Arbeit operiert wurde — Seite 33, — der ohne jenen doch einigermaßen in der Luft hängt. Die Einführung des zweiten Hauptsatzes erfolgt bei der Besprechung des Überganges flüssig-gasförmig, und er wird naturgemäß zur Berechnung des Dampfdruckes verwendet. Was aber ein Dampfdruck ist, erfahren wir nirgends, dafür fehlen sogar die Verweisungen.

Solche Mängel in der Anordnung des behandelten Stoffes sind vielleicht noch einige mehr zu nennen. Aber sie sind zum Teil Geschmacksache, und völlig unvermeidlich sind sie zweifellos überhaupt nicht, sie sind sicherlich kein erheblicher Fehler des Buches.

Was nun die Form der Darstellung der einzelnen Kapitel anlangt, so ist auch hier die Aufgabe nicht leicht: ein ganz außerordentlich umfangreiches Gebiet soll in einem Buch mäßigen Umfanges einem Leser nahegebracht werden, der keineswegs mit dem besten

Rüstzeug zur Aufnahme des Stoffes versehen ist. Hier hätte sich der Verfasser seine Aufgabe sehr erleichtern können, wenn er ausgewähltes Material gebracht hätte, z. B. wäre es kein Unglück, wenn wir vom smektischen und nematischen Zustand — S. 173 — nichts erfahren hätten. Der Verfasser hätte dann den einzelnen Gegenständen mehr Raum widmen können, was für die Verwendung als Lehrbuch wahrscheinlich vorteilhafter gewesen wäre. Aber es muß zugegeben werden, daß auch die Bewältigung dieser unverkürzten schwierigen Aufgabe im ganzen sehr wohlgelungen ist. Das Bemühen um eine anschauliche Darstellung ist im allgemeinen durchaus erfolgreich gewesen, das Bedürfnis, über die verschiedensten Dinge einen Überblick zu geben, läßt es statthaft erscheinen, daß gelegentlich einmal eine Gleichung erscheint, die nur in ihrer Bedeutung erläutert wird, ohne daß ihre Ableitung angedeutet würde — S. 372, 373 — es entschuldigt freilich nicht, daß gelegentlich gar in einer thermodynamischen Ableitung ein reversibler Prozeß in einen irreversiblen verkehrt wird — S. 278.

Natürlich ließen sich noch eine Reihe Einzelheiten anführen, die nach Ansicht des Berichterstatters besser anders zu behandeln gewesen wären. Das sind aber größtenteils unerhebliche Kleinigkeiten, und ich denke, auch die obengenannten, zum Teil ernsteren Einwendungen können als Kinderkrankheiten gelten. Es darf als sicher angesehen werden, daß das Buch schnell seine Käufer finden wird, zumal es durchaus als ein im guten Sinne modernes Buch bezeichnet werden kann, vielleicht mehr noch im Kreise derer, die sich — wie die Leser der NATURWISSENSCHAFTEN — für einen anschaulichen Überblick über den heutigen Stand der physikalischen Chemie oder einzelner ihrer Sondergebiete interessieren, als aus dem der Studenten. Dann wird in einer zweiten Auflage Gelegenheit sein, solche Einzelheiten zu verbessern und den guten Kern des ganzen, der jene auch heute schon weit überwiegt, voll zur Geltung zu bringen.

MAX BODENSTEIN, Berlin.

STONER, EDMUND C., **Magnetism and Atomic Structure.** London: Methuen u. Co Ltd. 1926. XIII, 371 S. und 56 Abbild. 14×22 cm. Preis geb. 16,0 sh.

Ein Blick in die physikalischen Zeitschriften der letzten Jahre zeigt das wachsende Interesse an den magnetischen Phänomenen. Im Gegensatz zu dem früher an erster Stelle stehenden Ferromagnetismus treten die para- und diamagnetischen Erscheinungen immer mehr in den Vordergrund, weil in ihnen Eigenschaften des Atoms unmittelbar zur Geltung kommen, während die ferromagnetischen Eigenschaften noch nicht in so direkter Weise mit dem Bau der Atome in Verbindung gebracht werden können. Während es bisher keine Zusammenfassung der neueren experimentellen Erfahrungen mit den allgemeinen atomtheoretischen Grundlagen gab, hat STONER es unternommen, in umfassender Weise alles das zu behandeln, was in den letzten Jahren an experimentellen Fortschritten erzielt und was theoretisch deutbar, was theoretisch noch unverständlich ist.

Eine kurze Angabe des Inhaltes wird die Reichhaltigkeit des Buches zeigen, für den wissenschaftlichen Wert bürgt der Name des Verfassers, dem die Atomphysik schon vieles, besonders die Aufstellung des neuen periodischen Systems der Elemente verdankt. Drei einleitende Kapitel geben eine kurze, sehr interessante geschichtliche Behandlung des magnetischen Problems, die Grundlagen der klassischen elektromagnetischen Theorie und der Elektronentheorie mit der Anwendung auf das Magnetfeld einer Elektronenbahn, und die klassischen Methoden der Herstellung und Messung magnetischer Felder und der grundlegenden magnetischen Messungen. Kapitel 4 bringt im Anschluß an die Theorie von EWING die Theorie von LANGEVIN und von WEISS und die Versuche zur Ausgestaltung der ferromagnetischen Theorie durch (u. a.) GANS und FRIVOLD und deren Zusammenhänge mit anderen Fragen, besonders mit der Theorie der Metalle. Es folgt ein Überblick über die Quantentheorie des Atoms, des Magnetons, der Richtungsquantelung. Kapitel 6 bringt einen ausgezeichneten Überblick über neue experimentelle Untersuchungen des Dia- und Paramagnetismus von Gasen, flüssigen und festen Körpern, unter Beschreibung der Methoden und ihrer Auswertung nach der WEISSschen Magnetonenhypothese, deren ausführliche Diskussion in Kapitel 7 enthalten ist. In Kapitel 8 werden die gyromagnetischen Effekte besprochen, in Kapitel 9 die Atomstrahlexperimente, alles unterstützt durch klare und ausführliche Zeichnungen und Beschreibungen der Untersuchungsmethoden. Kapitel 10 enthält die quantentheoretischen Grundlagen des ZEEMAN-Effektes, die, wenn auch veraltet, eben doch die Grundlagen für die augenblickliche Theorie bilden. Kapitel 11 gibt die magnetooptischen Effekte, besonders die wichtigen Untersuchungen von WOOD, ELLET, HANLE und anderen. Kapitel 12 ist dem Diagmagnetismus gewidmet, der Abschnitt über die GLASERschen Versuche und verschiedene (an anderen Stellen) darauf gestützte Überlegungen dürften nach den neuen Untersuchungen von LEHRER und von HAMMAR zu streichen sein. Kapitel 13 mit der etwas lakonischen Überschrift „Miscellaneous magnetic effects" enthält etwas über Magnetostriktion, Halleffekt, magnetokalorischen Effekt — interessante Fragen, die man aber atomtheoretisch noch weniger verstehen kann als vieles andere. WEBSTERS Untersuchungen über die Magnetostriktion von Krystallen sind noch nicht besprochen. Kapitel 14 und 15 enthalten zusammenfassende qualitative Betrachtungen über Magnetismus und periodisches System und ihren Zusammenhang mit chemischen Fragen (Komplex- und Koordinationstheorie); das letzte Kapitel gibt eine Übersicht über manche ungeklärte theoretische Spekulation.

Jedem Kapitel ist eine kurze, aber vollkommen ausreichende Literaturausgabe zugefügt.

Nach dem Literaturverzeichnis zu urteilen, ist das Buch im Jahre 1925 abgeschlossen worden, d. h. gerade in dem Augenblick, in dem die neueste Entwicklung der Atomtheorie von HEISENBERG, BORN und JORDAN einerseits, von SCHRÖDINGER andererseits begann. Berühren diese quantenmechanischen Probleme die atommagnetischen Fragen auch noch nicht unmittelbar, so ist doch durch eine andere in die letzte Zeit fallende Theorie das gesamte Bild über den Atommagnetismus geändert worden, die Theorie des magnetischen Elektrons von UHLENBECK und GOUDSMIT. Alle die Kapitel, in welchen modellmäßige Fragen eine Rolle spielen, in welchen die Momente nach der Theorie der Richtungsquantelung berechnet werden, in welchen die Erklärung der Zeemanaufspaltungen auf Grund der Quantentheorie gegeben wird, entsprechen somit nicht dem heutigen Stande der Physik. Aber bei der großen Reaktionsgeschwindigkeit neuer Ideen in der Atomphysik, bei ihrer oft sehr kurzen Lebensdauer ist es ja gar nicht möglich, daß ein Buch nicht in gewisser Weise während der Drucklegung schon veraltet, und da man über die Lebensdauer der genannten neuen Theorien eine Aussage nicht machen kann, bedeutet

das Fehlen derselben in einem Buche keinen allzu großen Verlust, wenigstens in einem Buch, welches, wie das STONERsche Buch, über Magnetismus und Atomstruktur in solch umfassender tiefer Weise *alle* Fragen behandelt, welche mit dem magnetischen Problem der Materie zusammenhängen.

Das Referat des inhaltreichen englisch-anschaulich geschriebenen Buches darf nicht länger sein. Wem es nicht genügt, das zu wissen, was hier über den Inhalt gesagt wird — und vermutlich werden das sehr viele Physiker sein —, dem kann man nur den Rat geben: „selber lesen". Niemand wird die darauf verwendeten Stunden bereuen.

WALTHER GERLACH, Tübingen.

MOLISCH, H., **Pflanzenbiologie in Japan auf Grund eigener Beobachtungen.** Jena: Gustav Fischer 1926. 270 S. und 84 Abbildungen im Text. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 14.—, geb. RM 16.—.

Der Verfasser wird in dem Jahre, in dem das im Titel genannte Buch herausgegeben ist, seinen siebzigsten Geburtstag feiern. Und es ist ein ganz erstaunliches Zeichen für die wissenschaftliche Frische des Autors, wenn er noch so unbefangen alle Eindrücke, die sich ihm während seines soeben abgelaufenen $2^1/_2$jähr. Aufenthaltes in Japan darboten, voll auswerten konnte. Dem Ref. fällt es dabei besonders auf, wie viele Teildisziplinen der Botanik den Verf. zu fesseln vermochten. Natürlich behält dabei auch manches den Charakter der reinen „Anregung". Aber wie soll das anders möglich sein, wenn man sieht, was alles in den Kreis der Untersuchungen gezogen wurde. Ref. kann davon nur das Wichtigste hervorheben.

Das Buch gliedert sich in zwei fast genau gleiche Teile, die mit Mikrobiologie und Makrobiologie überschrieben sind. Ersterer beginnt mit des Verf.s neueren Erfahrungen über die Verbreitung der Leuchtbakterien, die sich auch in Japan sehr oft auf Fleisch und besonders auf Fischen fanden, namentlich wenn in bekannter Weise 3% Kochsalzlösung dazugetan wurde. Bei den Fischen wurde das Erhaltenbleiben der Leuchtbakterien sogar als Kriterium für noch genießbares Material erkannt. Denn diese gehen mit dem Auftreten von Fäulnisorganismen zugrunde. Es folgen kürzere Daten über leuchtende Pilze, die unter Umständen selbst durch ihr Mycel tote Blätter zum Leuchten bringen können. Eingehender gibt Verf. eine Studie über das Meeresleuchten. Während der ganzen Überfahrt von Marseille nach Kobe und dann auch besonders an der japanischen Küste wurde es stets systematisch untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß die es bedingenden Organismen, in erster Linie Peridineen, viel allgemeiner vorhanden sind, als man glaubte.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Literaturangaben überzeugte sich Verf. ferner von der weiten Verbreitung der Eisenbakterien in ganz Japan. Es waren die von Europa her bekannten, nur Crenothrix polyspora fehlte. Verf. scheidet auch genauer die auto-, mixo- und heterotrophen Organismen dabei. Bezüglich Galionella bestätigt er den Fund CHOLODNYS, wonach es sich bei den zopfartig gewundenen Doppelfäden nur um Ausscheidungen kleiner kokkenähnlicher Bakterien handelt. Eine lange Aufzählung zeigt, daß auch in Japan manche Flagellaten, Algen und höheren Pflanzen außerdem Eisen in den Membranen speichern. Besonders interessant ist der zum erstenmal geführte Nachweis, daß einige Bakterien sogar aus organischen Verbindungen Eisen fällen und so zur Bildung des Raseneisensteines stark beitragen dürften. Auch Kalkcarbonat wird von manchen Bakterien und Pilzen ausgeschieden. Sie wurden aus Salz-, wie aus Süßwasser isoliert, ja ein Actinomyces mit diesem Fällungsvermögen stammte selbst aus der Luft.

Recht lehrreich ist dann das folgende Kapitel über die Lebewelt der heißen Quellen, die in einem so vulkanreichen Lande wie Japan natürlich besonders schön zu studieren war. Mehr als 300 Proben des warmen Wassers wurden biologisch analysiert, und wir lesen genaue Protokolle über die einzelnen Bewohner vieler Quellen. Cyanophyceen wurden noch bis zu 69° und Bakterien bis zu 77,5° gefunden. Von besonderem Interesse ist, daß außer Bakterien und Cyanophyceen auch einige Diatomeen an Schwefelwasserstoff angepaßt waren. Durch Laboratoriumsversuche wurde des weiteren festgestellt, daß selbst außerhalb der Thermalquellen thermophile Organismen weit verbreitet sind. Sie entwickelten sich aus jedem Grabenwasser, sowie ihnen zusagende Temperaturen und geeignete Ernährung geboten wurden. Verf. ist geneigt, in ihnen solche Organismen zu sehen, die den ersten Lebewesen auf der Erde verwandt sind.

Die weitverbreitete Cyanophyceengattung Nostoc findet sich bekanntlich öfter in Symbiose mit höheren Gewächsen. Verf. studierte das Zusammenleben mit den Lebermoosen Blasia und Cavicularia näher. Die Blaualgen glückte es in Reinkultur zu ziehen, nicht jedoch die Moose. Und Verf. stellte es nahezu sicher, daß ein Hauptgrund dafür ist, daß Nostoc atmosphärischen Stickstoff zu binden vermag, den die Moose zum Lebensunterhalt brauchen. Beide Hepaticae lagern merkwürdiger Weise große Mengen Kalkcarbonat in ihrem Thallus ab. Einige kleine Aufsätze über Mikroorganismen (Massenvorkommen von eßbaren Chroococcaceen, Auffinden eines „Pseudoplasmodium", das freilich nach JAHN die altbekannte Labyrinthula ist, sowie von einer farblosen Diatomee, Empfindlichkeit der Euglenale Astasia auf Sauerstoffspuren und die Schilderung einiger „Wasserblüten") beschließen die erste Hälfte des Buches.

Im zweiten Hauptteil hören wir zunächst von ökologischen Problemen. Hervorgehoben sei z. B., daß wie in Java epiphylle Chroolepideen existieren, daß gewisse Pilze sich auf die Ausnutzung des von der höheren Pflanze ausgeschiedenen Wachses spezialisiert haben, daß ferner einige epiphyte Farne in ihrem Flavonreichtum eine Art Lichtschutzschirm besitzen, und daß bei den untersuchten Orchideen die Luftwurzeln frei von einer Mycorrhiza sind, während die erdwachsenden eine solche haben. Was die Parasiten anlangt, so ist von Interesse, daß in Mycoidea parasitica eine parasitische Alge in Japan vorkommt, daß bei den „buntgefleckten" Bambusarten die Flecken durch oberflächlich wachsende Pilze hervorgerufen sein können, und daß mehrere Pilze wie bei uns Hexenbesen zu verursachen pflegen. Dann gibt Verf. eine Aufzählung von 25 für Japan festgestellten phanerogamischen Schmarotzern: genauer beschrieben werden die Santalacee Buckleya quadriala und die Orobanchacee Aeginetia indica. Von der Besprechung der Lianen will Ref. erwähnen, daß die auch bei uns so häufig angepflanzte Wistaria sinensis im Wald freistehend sogar ihren Liancncharakter aufgeben kann; ihre Stammstruktur verleugnet freilich nie den Charakter der Windepflanze.

Neu ist des weiteren in ökologischer Hinsicht, daß einige „Vogelblumen" in Japan vorhanden sind, wenngleich freilich in der japanisch geschriebenen Literatur bereits diesbezügliche Angaben vorliegen (Prunus Mume, Thea japonica und Sasanqua sowie Eriobotrya japonica). Einige weitere blütenbiologische Beobachtungen beziehen sich auf das asymmetrische Aufblühen

der Magnolien, auf Winterblüher, auf die Spatha von Arisaema u. a. m.

Organographisch sind die Ausführungen über den „Vorläuferstamm" von Interesse, der sich bei Bambuseen und bei Polygonum sachalinense zu ansehnlicher Länge ausbilden kann, bevor die Blätter recht entwickelt werden. Bezüglich der Frage der Beeinflussung der normalen Rhythmik in Blattfall und Belaubung nimmt Verf. mit VOLKENS gegen KLEBS Partei.

Es folgen eine große Reihe einzelner kleinerer Beobachtungen, die sich auf die allerverschiedensten Probleme beziehen. Platzmangel verbietet, alles auch nur aufzuzählen. Eine hier von Verf. angeschnittene Frage ist freilich von hervorragendem Interesse, nämlich die Möglichkeit der CO_2-Assimilation seitens toter Blätter. Verf. bejaht diese; ausführlicher wurde noch in der Zeitschrift für Botanik darüber berichtet. Die drei Abschnitte über die Solfatarenflora, über die Strandflora und über die in Japan vorkommenden kosmopolitischen Pflanzen berühren moderne pflanzengeographische Probleme. Interessant ist da z. B. der Nachweis, daß typisch halophile Pflanzen auch stark nitratliebend sein können. Unter den Adventivpflanzen fällt auf, daß Helodea canadensis noch nicht in Japan angelangt ist. Bei den niederen Pflanzen ist im allgemeinen der Kosmopolitismus stärker verbreitet als bei den höheren.

Ref. möchte die Besprechung der Arbeit nicht schließen, bevor er nicht noch besonders empfohlen hat, das Buch im Original zu studieren. Das gilt in erster Linie für diejenigen, welche in einem ihnen fremden Lande die Notwendigkeit einer allgemeinen Einfühlung in die sich ihnen darbietenden biologischen Probleme empfinden, ohne daß ihnen zunächst die Hilfsmittel größerer Laboratorien zur Verfügung stehen.

G. TISCHLER, Kiel.

HAUSCHILD, M. W., **Grundriß der Anthropologie.** Berlin: Gebr. Bornträger 1926. VIII, 235 S. und 45 Abbild. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 10.50, geb. RM 12.50.

MAX WOLFGANG HAUSCHILD, der hoffnungsreiche Anthropologe, der vor zwei Jahren auf einer Forschungsreise in Niederländisch-Indien der Malaria zum Opfer fiel, hat die Handschrift zu einem „Grundriß der Anthropologie" hinterlassen. EUGEN FISCHER, Freiburg, hat das Werk seines einstigen Schülers nunmehr zur Herausgabe gebracht und sich damit den Dank nicht nur aller Freunde HAUSCHILDS erworben, sondern vieler, die durch das wertvolle Buch Belehrung und Anregung finden werden. In freundschaftlicher Pietät hat der Herausgeber, abgesehen von der Beigabe einer Anzahl guter Abbildungen, an dem Manuskripte gar nichts geändert, auch da nicht, wo er mit den geäußerten Ansichten nicht übereinstimmte, obwohl er der Überzeugung war, daß der Verfasser selbst das Ganze vor der Herausgabe noch einer Überarbeitung unterzogen haben würde. Dem deutschen Schrifttum fehlte tatsächlich ein solches kurzgefaßtes Lehrbuch der Anthropologie bisher vollkommen. Wir haben wohl das große, grundlegende, jetzt leider vergriffene MARTINsche Lehrbuch, das aber bei seiner Ausführlichkeit, bei seiner gründlichen Behandlung namentlich der anthropologischen Technik, schon eher ein Handbuch für den Fachmann darstellt; wir haben die gute, klare, aber eben auch reichlich ausführliche Darstellung der Anthropologie, die durch G. SCHWALBE, E. FISCHER u. a. in dem Sammelwerk „Kultur der Gegenwart" veröffentlicht wurde; und dann ist nur noch eine Anzahl ganz kleiner, mehr oder minder populärer anthropologischer Einführungen vorhanden. Das HAUSCHILDsche Werk füllt die hier fühlbare Lücke gerade richtig aus. Es ist dabei etwas ganz Besonderes. Es behandelt im wesentlichen die allgemeine und die systematische Anthropologie. Stets sucht es vor allem die Kenntnis von den biologischen Grundlagen und Bedingungen zu vermitteln, die all den in der Anthropologie behandelten körperlichen Eigenschaften und Verschiedenheiten des Menschen zugrunde liegen. Verhältnismäßig ausführlich werden zuerst die allgemeinen Vorbedingungen aller in Erscheinung tretenden Eigenschaften besprochen; es ist eine kurze Darstellung der wesentlichsten Ergebnisse der modernen Vererbungslehre. Die MENDELschen Vererbungsregeln und ihre somatische, celluläre Deutung, die Erbänderungen, Mutationen, die im Erscheinungsbild sich geltend machenden Umweltwirkungen, die Erscheinungen der Auslese werden abgehandelt. Stets wird bei all diesen Fragen die Anwendung auf menschliche Eigenschaften zu ziehen versucht und mit Recht wird auf die große Schwierigkeit hingewiesen, gerade beim Menschen zu einer richtigen Analyse des Erbbildes zu kommen, wo eine Reihe erschwerender innerer Bedingungen (starke Mixovariation infolge der ungeheuren Rassenmischung, auch infolge der hohen Chromosomenzahl und der polymeren Bedingtheit vieler Merkmale; starke Idiovariation infolge des Domestikationszustandes und der weiten geographischen Verbreitung; starke Paravariation infolge der lange dauernden Entwicklung) mit der äußeren Schwierigkeit zusammentreffen, daß systematische Vererbungsexperimente ausgeschlossen sind. Mit einer kurzen Darstellung der wichtigsten in der Anthropologie benützten variationsstatistischen Methoden schließt der erste allgemeine Teil. Dann folgt die spezielle Behandlung der einzelnen Art- und Rasseneigenschaften des menschlichen Körpers. Aber auch alle diese, mag es sich um den Gesamthabitus der menschlichen Gestalt, die Körpergröße und die Proportionen der Körperteile, um die Pigmentverhältnisse der Haut, Haare, Augen, um die sonstigen Eigenschaften des Haarkleides, der Haut und ihrer Anhangsgebilde, die Weichteile des Gesichtes und die davon abhängigen Gesichtszüge, oder um Bau und Formverschiedenheit der inneren Organe, des Gehirns, oder um die so viel untersuchten Unterschiede im Bau des Skelettes, namentlich des Schädels handeln, sie alle werden nicht nur genau anatomisch analysiert, sondern stets wird der Versuch gemacht, sie aus ihren genetischen Bedingungen zu erklären, nachzuweisen, welcher Anteil an ihrem Zustandekommen der Vererbung, welcher den Umwelteinflüssen zuzuschreiben ist. So gewinnt die Darstellung große Lebhaftigkeit und wirkt äußerst anregend. Trotzdem ist es nicht immer ganz leicht, den Gedankengängen des Verfassers zu folgen; denn das schier überreiche Gedankenmaterial ist oft etwas unvermittelt, sprunghaft aneinander gereiht. Gelegentlich schleichen sich auch etwas gewagte, wohl zum Teil auch unrichtige Behauptungen ein, die der Verfasser, wenn ihm das Geschick eine nochmalige Überarbeitung des Werkes gestattet hätte, gewiß gemildert oder vielleicht beseitigt haben würde. Anhangsweise ist im letzten Kapitel eine tabellarische Übersicht über die Systematik der Primaten und eine ganz kurze Charakterisierung der wichtigsten neueren Versuche einer Systematik der rezenten menschlichen Rassen gegeben. Eine ausführliche Darstellung der menschlichen Stammesentwicklung und der speziellen Rassenlehre lag nicht im Plane des Verfassers. Mit Dankbarkeit nehmen wir den „Grundriß der Anthropologie" als einen letzten Gruß unseres im Dienste der wissenschaftlichen Forschung allzufrüh dahingeschiedenen M. W. HAUSCHILD entgegen und aufs neue empfin-

den wir schmerzlich den Verlust, den die Wissenschaft durch seinen frühen Tod erlitten hat.

M. Voit, Göttingen.

WINTERSTEIN, HANS, **Die Narkose in ihrer Bedeutung für die allgemeine Physiologie.** 2. umgearbeitete Auflage. (Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere, herausgeg. v. M. GILDEMEISTER, R. GOLDSCHMIDT, C. NEUBERG, J. PARNAS und W. RUHLAND, II. Band). Berlin: Julius Springer 1926. IX, 474 S. u. 8 Fig. Preis geh. RM 28.50, geb. RM 29.70.

Das Buch von WINTERSTEIN gehört zu denjenigen Leistungen, die bei dem heutigen wissenschaftlichen Betriebe in der Biologie notwendiger sind als je, so selten sie freilich — mindestens in der wünschenswerten Qualität — anzutreffen sind. Schon bei seinem ersten Erscheinen im Jahre 1919 wirkte das Buch erlösend und klärend und dieser Eindruck dürfte sich mit der zweiten Auflage nur verstärken. Obwohl der Umfang auf das anderthalbfache angewachsen ist und die Zahl der benutzten Literaturstellen noch mehr (auf 1120), scheint mir die organische Übersichtlichkeit des Inhalts und die innere Geschlossenheit der Gedankenführung eher gewonnen zu haben, gewiß kein häufiger Fall. Offenbar ist dies ein Zeichen dafür, daß die zusammenfassende Darstellung der biologischen Erscheinung „Narkose" im rechten Zeitpunkt geschah, als nämlich das Gebiet einem gewissen Abschluß der Erkenntnis zustrebte — sofern man diesen Ausdruck einmal gelten lassen will. Das Charakteristische und Begrüßenswerte an WINTERSTEINS Darstellung ist es, daß das behandelte Gebiet an Umfang kaum größer ist als die persönlichen experimentellen Erfahrungen des Autors reichen, und daß er infolgedessen so gut wie überall echte Experimentalkritik an den Originalarbeiten üben kann; er tut das in eindringlicher und scharfsinniger Weise, so daß er zuweilen aus den Versuchen der Experimentatoren wesentlich andere Schlüsse zieht als diese selbst. Es ist außerordentlich erfrischend, seine Schilderung der in der Literatur vorliegenden Befunde und seine dazu gegebene Kritik zu lesen, die viele Widersprüche auslöscht, an denen nur Mangelhaftigkeit des Experimentierens oder des Denkens schuld war. Durch das tiefe Eindringen in das Material, das WINTERSTEIN mit seltenem Überblick beherrscht, kommt ein einheitlicher großer Zug in die Behandlung des Stoffes, dessen Assimilation dem Leser dadurch erleichtert und genußreich wird. Auch bei der Neubearbeitung wurde offensichtlich Wert auf die Erhaltung des einheitlichen und kontinuierlichen Flusses der Gedanken und der Sprache gelegt.

Die kleinere erste Hälfte des Buches ist mehr der Darstellung der Erscheinungsformen der Narkose gewidmet — obwohl dabei theoretische Erörterungen keineswegs fehlen. Die Gliederung erfolgt im wesentlichen nach Organsystemen, so daß Allgemein-Narkose, Narkose einzelner Organe (besonders des zentralen und peripheren Nervensystems, der Muskulatur, des Herzens), Narkose einzelner Zellfunktionen, Narkose von Pflanzen u. dgl. unterschieden werden. Bei der Erörterung der Narkose der Nervenfunktionen werden Grundprobleme der allgemeinen Nervenphysiologie berührt, von denen manche durch Untersuchungen des Japaners KATO ganz neu zur Diskussion gestellt wurden — nur weil er statt des in Europa üblichen Froschnerven den viel längeren Nerven einer riesigen japanischen Kröte benutzte. Der Frage des „Erregungsstadiums der Narkose" dient ein eigenes Kapitel, in dem das Problem als ungelöst charakterisiert, aber auch darauf gedeutet wird, daß voraussichtlich die Lösung in der Richtung einer Hemmung von Restitutionsvorgängen gesucht werden kann: die normale Erregung geht mit Veränderungen des in der „Ruhe" bestehenden Zustandes einher, gegen die sich aber stets sofort restituierende Einflüsse geltend machen; bleiben diese aus, so kann oder muß Dauer und Intensität des Erregungszustandes gesteigert sein.

Auch das Problem der *Kombination* mehrerer Narkotica wird behandelt, jedoch auch hier mit Recht gesagt, daß es eine *allgemeine* Lösung dafür — wie BÜRGI zu geben versucht hatte — nicht gibt und jeder Fall für sich erforscht werden muß.

Noch wesentlich höheres Interesse bietet der zweite, umfangreichere Teil des Buches, der die Narkosetheorien behandelt. Deutlicher noch als in der ersten Auflage hebt es sich ab, daß die weitbekannte „Lipoidtheorie" von HANS H. MEYER und OVERTON als überwunden angesehen werden muß — so wenig ihr der Autor ihre heuristische und daher historische Bedeutung absprechen will. Aber es hat sich mehr und mehr zweierlei herausgestellt: einmal, daß die zahlenmäßigen Verhältnisse, die der Teilungskoeffizient Öl : Wasser gibt, und deren Parallelismus mit den Narkosegraden die Hauptbasis der Lipoidtheorie darstellt, auch in anderen physikalisch-chemischen Eigenschaften angetroffen werden, so daß jener Teilungskoeffizient heute nur als eine Größe erscheinen kann, die *zufällig* als erste zur Untersuchung kam, jedoch an sich nicht vor mehreren anderen ausgezeichnet ist; zweitens aber bietet eine große Schwierigkeit die Tatsache, daß die Lipoide der Zellen und des Nervensystems in den lebendigen Organen sich größtenteils durchaus nicht *fettartig* verhalten, sondern als *hydrophil* (wie übrigens früher nicht durchaus verkannt worden ist, wie z. B. S. LOEWE hervorgehoben, auch Referent in Vorlesungen und Diskussionen vertreten hat). Neuerdings ist diese Tatsache durch Untersuchungen von HANSTEEN CRANNER (1922) an lebenden Pflanzenzellen in unbezweifelbarer Weise dargelegt worden.

Außer einer ausführlichen Darstellung und Kritik der Lipoidtheorie bringt das Buch jedoch auch die übrigen Theorien in kritischer Besprechung, so die ziemlich überholte, doch von HERMANN WIELAND in begrenztem Umfang wieder verteidigte Erstickungstheorie, die Haftdrucktheorie von J. TRAUBE, die Koagulationstheorie, und endlich die Adsorptionstheorie, zu der schon S. LOEWE gelangt war (was WINTERSTEIN nach meiner Ansicht nicht ganz nach Gebühr hervorhebt), die jedoch erst durch O. WARBURG auf Grund eigenen experimentellen Materials in einer vollendeteren Form entwickelt wurde. Nach dieser Theorie werden die Narkotica von „Strukturelementen" der lebenden Zellen, die lipoider Natur sein können aber keineswegs zu sein brauchen, adsorbiert, wobei sie andere wichtige Stoffe, z. B. Fermente, *verdrängen*; auf Grund dieser Vorstellung läßt sich die Größe gewisser Oxydationshemmungen durch eine Anzahl verschiedener Narkotica sogar durch eine mathematische *Formel* wiedergeben (in der das Molekularvolumen vorkommt). Aber auch viele anderen Tatsachen lassen sich aus dieser Theorie ohne Schwierigkeiten und Widersprüche verstehen, darunter vor allem die *Verminderung der Permeabilität* von Grenzschichten in der Narkose; mit dieser Permeabilitätsverminderung hängt wiederum die verminderte Erregbarkeit der narkotisierten Nerven usw. zusammen, denn im erregten Zustand ist die Permeabilität erhöht.

WINTERSTEIN beschließt sein Buch mit dem Satz, der in der ersten Auflage noch ein „vermutlich" enthielt: „Der Wirkungsmechanismus der Narkotica

beruht auf ihrer leichten Adsorbierbarkeit an die Strukturbestandteile der lebenden Systeme."

W. HEUBNER, Göttingen.

HOFFMANN, HERMANN, **Das Problem des Charakteraufbaus.** Seine Gestaltung durch die erbbiologische Persönlichkeitsanalyse. Berlin: Julius Springer 1926. VII, 193 S. 17×26 cm. Preis geh. RM. 12.—, geb. RM. 13.50.

HOFFMANN bemüht sich seit Jahren um die Vererbungsregeln beim Menschen. Er hat der Literatur schon eine ganze Anzahl umfangreicher Studien geschenkt, in denen er teils Fällen seiner Erfahrung, teils solchen aus der Historie nachspürt. In diesem neuen Buche bearbeitet er den Charakter im engeren Sinne. Und dabei stößt er sogleich auf die Schwierigkeit aller Charakterologie: Gestalt oder Merkmalssumme. Seit den *ἤθοι* der Antike quält sich die Wissenschaft mit der Frage ab, ob man den einzelnen Menschen mit den TAINEschen „5 oder 6 bezeichnenden Handlungen charakterisieren soll, durch die seine 3 oder 4 Hauptzüge vollständig zum Ausdruck kommen", oder ob man durch eine unendliche *Häufung* einzelner Merkmale sein Bild besser fixiert. Was ist Hauptsache, was Nebensache; was ist oberflächlich, was tief; was ist zentral, was peripher; dies sind die ewig offenbleibenden oder allzu subjektiv beantworteten Fragen. HOFFMANN entscheidet sich für die Merkmalstafel. Er kann sich den modischen Zeitströmungen unserer Psychologie zwar nicht entziehen und betont immer wieder, daß in der Persönlichkeit *mehr* liege als eine Merkmalssumme. Aber bei der Bearbeitung seines Materials behandelt er doch nur die Merkmale. In der Tat steht ja jeder erbwissenschaftlich orientierte Forscher vor der unabänderlichen Tatsache, daß ein Charakter so, wie er hier gerade vor uns steht, sich bei keinem seiner Ahnen wiederfindet. Und wenn sich der Forscher nun doch für die Frage interessiert, was stammt von den Ahnen?, so bleibt eben anscheinend nichts anderes übrig, als eine Zerlegung in Eigenschaften. Nach deren Herkunft als Erbfaktoren wird gespürt. Dabei geht es nun freilich etwas bunt her. Sanftmut, Hilfsbereitschaft, praktisch nüchterner Sinn, beweglicher Geist, Eitelkeit, Genußfreude stehen nebeneinander wie Hochwuchs, Blütenfarbe und Blütenform einer Pflanze. Zwar weiß HOFFMANN sehr wohl, wie schwer, ja oft unmöglich es ist, eine hochkomplizierte Charaktereigenschaft auf einfache Grundtriebe zurückzuführen, wie sehr ein Wesenszug nur ein Ergebnis des Lebensraumes sein kann, und wie stark diese Züge aus inneren oder äußeren Gründen in der persönlichen Entwicklung des einzelnen oft wechseln. Aber HOFFMANN sucht stets nach Erbeinheiten, Radikalen, und löst so trotz aller Vorbehalte doch die Persönlichkeit in eine Faktorensumme auf. HOFFMANN übersieht nicht, daß manche Charakterzüge nur Maske sind, daß sich bei gewissen Individuen Eigenschaften entgegengesetzter Art geradezu zu befehden scheinen, aber wenn es sich nun wiederum für ihn darum handelt, nach seinem eigentlichen Ziel, der Vererbung, zu forschen, so bleibt eben doch wieder nichts anderes übrig als eine Elementenpsychologie, wobei freilich gänzlich ungewiß bleibt, was ein seelisches Element eigentlich ist. Es gelingt noch nicht, übergeordnete Einheiten (selbständige Teilganze) herauszusondern. Auch die Frage der Korrelation, mag man dieses Moment mathematisch wahrscheinlichkeitsmäßig sinnlos oder strukturmäßig sinnhaft auffassen, wird nicht wesentlich gefördert. Und so bleibt schließlich nichts übrig, als daß der Autor einzelne Wesenszüge eines Charakters daraufhin betrachtet, inwieweit sie bei seinen Ahnen vorkommen. „Die erbbiologische Persönlichkeitsanalyse setzt sich das Ziel, die Einzelpersönlichkeit gewissermaßen in ihre erbbiologischen Bausteine zu zerlegen" (S. 89). Die Familien Bonaparte, Hohenzollern, das schwedische Bauerngeschlecht Pehrsson (LUNDBORG), einzelne kriminelle und psychopathische Persönlichkeiten werden unter anderen als Beispiele vorgeführt. Und da trifft man dann in der Tat, daß die Eigenschaften a, b, c, d usw. sich schon in der Ascendenz zeigen: a findet sich bei der Muttersmutter und dem Vatersvater, also muß a wohl aus einer dieser Quellen stammen oder aus beiden (S. 131); b teilt er mit dem Vater; c zerlegt sich in c_1 (vom Vatersvater) und c_2 (von der Mutter und beim Muttersbruder); d kommt bei der Muttersmutter vor, und so fort. Aber — so fragt man sich, wenn man die mühevolle Analyse mancher Familien bewundert hat — wozu das ganze Bemühen? Springt irgendein Gesetz, oder wenigstens eine Regel oder doch eine Wahrscheinlichkeit heraus? Niemals. — In unendlicher Mannigfaltigkeit sieht man, daß die Eigenschaft a bei einem der Ahnen im Vordergrunde steht; dann verschwindet sie im Phänotypus ganz und taucht irgendwann einmal herrschend oder im Nebenbefund bei irgendeinem der Descendenten wieder auf. Niemals kann man auch nur ahnen, wie sich bei der immer wieder neuen Mischung der Elterngene der Faktor a in Zukunft verhalten wird. Und ein ähnliches negatives Ergebnis scheint mir auch für das Einzelindividuum vorzuliegen. Was nützt es mir zum Verständnis des Einzelcharakters, wenn ich in der oben angedeuteten Forschungsweise herausgefunden habe, daß er die Eigenschaften a, b, c, d mit gewissen Ahnen teilt? Es ist oft auch in der Praxis des Alltags, z. B. in der Erziehung, erstaunlich zu sehen, daß sich ein Psychologe über eine Eigenschaft eines Kindes verwundert. Und eines Tages teilt er mit großer Befriedigung mit, er wisse jetzt, woher diese Eigenschaft komme: er habe sie bei einem Bruder des Vaters ebenfalls entdeckt. Als ob hiermit irgend etwas erklärt oder gar verstanden wäre. Es ist nichts als ein „regressus in infinitum". — Es fällt angenehm auf, daß von der angeblichen Gültigkeit der MENDELschen Regeln für den Menschen hier nur selten und mit Kritik gesprochen wird. Die Forschung nach den Erbregeln bei Tier und Pflanze hat eben doch ein gänzlich anderes Material und gänzlich andere Methoden zur Verfügung als beim Menschen. — HOFFMANN bringt außer seinen eigenen erbbiologischen Forschungen noch 2 ausführliche Kapitel (61 S.) über die Prinzipien der Charakterologie und die bisherigen Hauptversuche charakterologischer Schematismen.

H. GRUHLE, Heidelberg.

Handbuch der Philosophie. Herausg. von A. BAEUMLER und M. SCHRÖTER, Abtlg. II A, Teil 1 u. 2. **Philosophie der Mathematik** von HERMANN WEYL. München und Berlin: R. Oldenbourg 1926. 162 S. 17×26 cm. Preis RM 2.60 und RM. 4.—.

Im Rahmen eines im Erscheinen begriffenen philosophischen Handbuches hat hier WEYL den Ertrag seiner einschlägigen früheren Veröffentlichungen[1]) zusammengestellt und ergänzt. Da sich die überquellende Gedankenfülle knapp auch nicht angenähert wiedergeben läßt, seien hier neben dem logischen

[1]) Das Kontinuum 1918; Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik. Mathem. Zeitschr. 10. 1921; Mathem. Analyse des Raumproblems 1923; Was ist Materie? 1924 (zuerst erschienen NATURWISSENSCHAFTEN 12, 197ff. und 561ff. 1924); Die heutige Erkenntnislage in der Mathem., Symposion I, 1926.

Gerippe der ganzen Abhandlung besonders ihre neuen Teile berücksichtigt.

Der Aufbau geht aus vom Relationskalkül und gelangt über die Theorie der Deduktion zur axiomatischen Methode. Eine aus Axiomen herausdeduzierte Theorie könne und wolle niemals über anschauliches Wesen Aussagen machen, denn sie passe in gleicher Weise auch auf anschaulich durchaus verschiedene Sachgebiete. Damit sei das Ziel jeder wissenschaftlichen Erkenntnis scharf umschrieben: es sei eingeschränkt gegen die Anschauung, aber auch erweitert, denn wissenschaftlich seien, wie in Übereinstimmung mit RUSSELL und SCHLICK dargelegt wird, die anschaulich nicht gegebenen „Dinge an sich" zugleich erkannt mit den ihnen zugeordneten Erscheinungen (S. 22). Es folgt der Aufbau der Arithmetik, der u. a. auf die logische Priorität der Ordinal- vor den Kardinalzahlen Wert legt (S. 28), weiter eine komprimierte Darlegung der Schwierigkeiten der Mengenlehre, in der RUSSELLS Reduzibilitätsaxiom als „Harakiri der Vernunft" abgelehnt wird (S. 40), und schließlich eine überaus geistreiche Erörterung der BROUWER-WEYLschen „intuitiven", der HILBERTschen „symbolischen" Auffassung der Mathematik, eine Erörterung, die ohne eigentlichen Beweis, mehr gefühlsmäßig sich von der rein formalen Auffassung HILBERTS unbefriedigt zeigt. Im ganzen führt WEYL alle philosophischen Schwierigkeiten der Mathematik, die Probleme des Kontinuums, der RUSSELLschen Typenhierarchie, des Widerspruchslosigkeitsbeweises der Arithmetik zurück auf die beiden „transfiniten" Vorschriften $\sum_X$ und $\prod_X$, d. h. auf Sätze über „es gibt" und „alle". In diesen Problemen sieht er den „lebendigen Mittelpunkt" der Mathematik und gelangt so (S. 33) zu der „schlagwortartigen" Charakteristik, Mathematik sei „die Wissenschaft von Unendlichen". Zu wünschen ist vielleicht, daß nur mathematisch gründlich geschulte Leser des philosophischen Handbuches von dieser Charakteristik Gebrauch machen mögen. Den Abschluß des mathematischen Teiles bildet eine Beleuchtung der Geometrien vom Standpunkt des Erlanger Programms und eine Darstellung der RIEMANNschen Erweiterung der Metrik.

Der 2. naturwissenschaftliche Teil (S. 65—162) setzt ein mit einer Erörterung der Weltstruktur, eine Erörterung, deren Gedankengang den Lesern dieser Zeitschrift bekannt ist (Naturwissenschaften **12**, 197ff. 1924). WEYL sieht das eigentliche Ergebnis der Relativitätstheorie in der Trennung von „Führung" und Kraft, in der Zusammenfassung von Schwere, Trägheit und Metrik zu einem „Führungsfeld", das Wirkungen von der Materie sowohl empfange *als auch auf sie ausübe*. Damit ist die Unfähigkeit des bloßen Raumes Wirkungen auszuüben, d. h. jener Gedanke, in dem Philosophen gewöhnlich den Kernpunkt der Relativitätstheorie erblicken, abgelehnt. Der Gedanke MACHS nämlich, es wäre die Trägheit bloß eine Wirkung der Sterne, ist nach WEYL — in Übereinstimmung übrigens mit EDDINGTON — irrig, wiewohl auch EINSTEIN mit ihm „geliebäugelt" habe (S 75). — Verf. wendet sich dem Außenwelts- und Duproblem zu (S. 78—90). Eine der „fundamentalsten erkenntnistheoretischen Einsichten" sei die Zusammengehörigkeit des Paares subjektiv und absolut auf der einen, des Paares objektiv und relativ auf der anderen Seite (S. 83), denn das subjektive Erleben und nur dieses sei bei aller „Nebelhaftigkeit" ausgezeichnet, dadurch nämlich, daß es mein *Ich* bilde; die präzise Wissenschaft vom Objektiven dagegen führe stets zur Gleichwertigkeit aller Bezugssysteme und aller Subjekte. Die objektive Wirklichkeit erkennen, Wissenschaft treiben heiße soviel wie den subjektiven Erlebnissen ein widerspruchsloses, keine überflüssigen Bestandteile enthaltendes Netz von präzisen Symbolen zuordnen. Nicht anschaulich gleich, sondern bloß zugeordnet sei die objektive Erkenntnis dem subjektiv Erlebten. Die nur in wissenschaftlichen Symbolen darzustellende objektive Wirklichkeit freilich sei nie vollendet, stets nur „aufgegeben" (ein neukantischer Terminus). Auf einen Aufbau wissenschaftlicher Symbolkonstruktionen also sei alles Erkennen der Wirklichkeit beschränkt. Die absolute Frage nach Ich, Du und Außenwelt dagegen lasse sich objektiv = wissenschaftlich nicht einmal formulieren, denn hier handle es sich nicht um Erkenntnis, sondern um Anerkennungsakte, um ein Glauben: um Metaphysik. Trotzdem aber erhebe sich der absolute und deshalb ganz unwissenschaftliche „Verzweiflungsschrei des Judas: warum mußte *Ich* Judas sein?", ein Schrei, der auch nach dem Nachweis seiner Unwissenschaftlichkeit nicht verstumme. — Es folgt ein methodologisches Kapitel, das an der Hand physikalischer Beispiele in der höchst fruchtbaren Art etwa MACHS und POINCARÉS das Messen, die Begriffs- und Theorienbildung erörtert, und hierauf ein höchst lehrreicher Abschnitt über die Materie (S. 124—144), dessen Gedankengang den Lesern dieser Zeitschrift bekannt ist (Naturwissenschaften **12**, 561ff. 1924).

Der Schluß (S. 144—161) ist den Problemen der Kausalität gewidmet. Die bloße Behauptung einer restlosen Determinierung der Welt sei inhaltsleer; sinnvoll und kontrollierbar werde der Determinismus erst durch eine Kontinuitätsaussage, durch die Aussage nämlich, daß wenig verschiedene Ursachen wenig verschiedene Wirkungen hätten. Tautologisch und mathematisch selbstverständlich sei ebenso die Behauptung, aus dem Weltzustand in einem Raumdifferential lasse sich der ebendort unmittelbar sukzedierende Zustand errechnen: mit Hilfe mathematisch *einfacher* Gesetze errechnen, darin erst stecke das Problem. Die Hauptschwierigkeit des Kausalproblems aber liege in der Nichtumkehrbarkeit von Ursache und Wirkung, d. h. in der Einsinnigkeit des Zeitablaufes. Diese Schwierigkeit hänge offenbar zusammen mit den noch ungeklärten Gesetzen, nach denen die Materie das Feld errege, sie führe also auf das Quantenrätsel. Bei BOHR z. B. errege ja jeder Elektronensprung eine auslaufende, keine einlaufende Welle. Die Schwierigkeit des einsinnigen Zeitablaufes sei auch in der *statistischen* Deutung der Irreversibilität keineswegs behoben. Überhaupt berge die Statistik die schwierigsten noch ungelösten Fragen. Es sei bisher nicht einmal „restlos gelungen, die Forderungen exakt zu fassen, denen Folgen genügen müssen, damit die Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung zutreffen" (S. 152). Die Zurückführbarkeit statistischer Vorgänge auf Kausalität sei höchst zweifelhaft. Im Atomaren sei es „vernünftiger, die apriorische Wahrscheinlichkeit als ein nicht weiter reduzierbares Element glatt hinzunehmen", das eben experimentell gemessen werden müsse. In der so vielversprechenden Quantenmechanik HEISENBERGS und SCHRÖDINGERS z. B. habe es den Anschein, als seien überhaupt nur Mittelwerte, nicht Einzelvorgänge determiniert: „Die Philosophen sind ungeduldige Leute; als Naturwissenschaftler hat man den Eindruck, daß etwas Vernünftiges über Kausalität, Gesetz und Statistik sich erst wieder wird äußern lassen, wenn einmal das Quantenrätsel gelöst ist." Freilich macht WEYL sogleich selbst einige, wenn auch recht vorsichtige Äußerungen über das Problem der Willensfreiheit. Ein Gegenargument gegen die Willens-

freiheit, meint er im Gegensatz z. B. zu PLANCK, sei heute hinweggeräumt, denn die Welt erscheine heute viel weniger durch strenge Naturgesetze gebunden als in den Tagen LAPLACES; die eigentlichen Wirkungsgesetze seien ja zu bloß statistischen geworden. Recht ablehnend dagegen verhält sich WEYL zum Vitalismus, der sonst bei Philosophen nicht selten Verbindungen mit dem Indeterminismus eingeht. Die Behauptung von DRIESCH, die „Ganzheit" jedes Organismus lasse sich physikalisch nicht verstehen, meint nämlich WEYL, beruhe „auf einem viel zu naiven Begriff der physikalischen Methode". Es gebe eben in der Physik auch ganz andere Dinge als die makroskopischen Vorgänge an metallenen Maschinen, die die Antimechanisten allein im Auge haben. WEYL denkt offenbar, wie das Literaturverzeichnis (KÖHLER!) andeutet, an alle Randwertaufgaben, die ja stets „Ganzheiten" behandeln. Die ganze Fragestellung sei jedoch verfrüht, „denn wir besitzen gegenwärtig nur ganz primitive, für präzise Formulierungen ungeeignete Kriterien des Lebens".

Die Darstellungsart der ganzen Abhandlung ist knapp und blendend. Überall würzt der Verf. den Gedankengang aus der überlegenen Fülle seiner mathematisch-physikalischen Einsichten durch originelle und höchst fruchtbare Beispiele und Einzelprobleme. Hingewiesen sei z. B. auf die gruppentheoretische Formulierung und Lösung der Kantischen Frage nach dem Grund des Unterschiedes zwischen rechter und linker Hand (S. 60), auf die Andeutungen über die Wurzel der Vierdimensionalität der Welt (S. 99). Dem Anlageplan des philosophischen Handbuches entsprechend sind aber auch erstaunlich vielseitige philosophiegeschichtliche Angaben und Anführungen eingefügt, die freilich in manche aus dem Zusammenhang gelöste Einzelsätze älterer Philosophen wohl zu viele und zu exakte Gedanken hineinlegen. Der modernen Philosophie gegenüber zeigt Verf. öfters eine gewisse Schwäche für die Phänomenologie. Gelingt es ihm doch (S. 86), z. B. den Satz HUSSERLS: „Zum Wesen eines Dingnoëmas gehören ideale Möglichkeiten der Grenzenlosigkeit im Fortgange einstimmiger Anschauungen, und zwar nach typisch bestimmt vorgezeichneten Richtungen", gelingt es doch WEYL, selbst das angeführte Zitat seinem eigenen konkreten und präzisen Gedankengang einzugliedern[1]).

Zu den sachlichen Problemen der Abhandlung lassen sich hier nur dürftige Bemerkungen vorbringen. Was zunächst den Gegensatz zwischen intuitionistischer und formalistischer Auffassung der Mathematik anlangt, so scheint er auf höherer und allgemeinerer Ebene den Streit zwischen anschaulicher und hypothetisch-deduktiver Geometrie zu wiederholen. Dieser geometrische Streit ist seinerzeit, wie es scheint, entschieden worden, und zwar zugunsten der formalistischen Auffassung durch die Konstruktion der nichteuklidischen Geometrie, d. h. durch den Nachweis, daß *verschiedene* in sich widerspruchslose geometrische Systeme konstruierbar sind. Wenn es analog gelingen könnte, einen ganz allgemeinen Formalismus aufzubauen, dessen Sätze und Ableitungsmethoden mit seinen eigenen Axiomen im Einklang, für unser menschliches Denken aber unerlebbar sind („nicht-aristotelische Logik"), dann wäre wohl erwiesen, daß unsere gesamte Mathematik bloß *ein* Formalismus unter vielen ist, ein Formalismus, dessen Beziehung zur menschlichen „Intuition" nur psychologisches Interesse hätte. Es ist nicht recht abzusehen, wie der Gegensatz zwischen intuitionistischer und formalistischer Mathematik das Stadium subjektiver Erklärungen gegen und für das bloße Spiel mit Zeichen anders überwinden könnte als durch die Konstruktion einer solchen nicht-aristotelischen Logik. Übrigens würde eine bloß formalistische Konzeption der Mathematik die WEYLsche Auffassung *aller* Wissenschaft als eines in sich konsequenten Netzes von Zeichen nur radikal zu Ende führen, sie würde jener Wissenschaftsauffassung, die von SCHLICK umfassend ausgeführt wurde, die auf die Zeichentheorie der Empfindungen von HELMHOLTZ und schließlich auf Keime bei HOBBES und den mittelalterlichen Nominalisten zurückgeht, nur den Schlußstein aufsetzen. Es ist jedoch kein Zufall, daß WEYL für die Mathematik Intuitionist bleibt, sondern es hängt dies wohl zusammen mit seiner gefühlsmäßig verwurzelten Neigung für irrationale Reste.

Interessante Einflüsse irrationalistischer Zeitströmungen nämlich werden öfters bemerklich. Verf. bezeichnet z. B. Realismus und Idealismus als zwei einander gleichwertige methodische Prinzipien und sieht die idealistische Seite seiner Wissenschaftstheorie ausgesprochen in dem Grundsatz (S. 83): „Das objektive Weltbild darf keine Verschiedenheiten zulassen, die nicht in Verschiedenheiten der Wahrnehmung sich kundgeben können." Diesem Grundsatz genüge z. B. noch nicht das BOHRsche Atommodell, da ja der Umlaufszeit und Phase des Elektrons nie ein Wahrnehmungsdatum korrespondieren könne. Es scheint aber eigentlich WEYLS idealistischer Grundsatz mit dem Idealismus wenig zu tun zu haben, sondern recht genau die Hauptthese des *Positivismus* auszusprechen (einer Denkrichtung, die indes der Geisteswissenschaft, Philosophie und schönen Literatur der letzten Jahrzehnte zumeist als minder vornehm gilt). Durchaus von positivistischem Geist getragen ist ja gerade auch HEISENBERGS Quantenmechanik mit ihrer Ausschaltung aller unkontrollierbaren Elemente aus der Theorie. Solche positivistische Bestandteile seines Gedankenganges, seine Beziehungen zu MACH und POINCARÉ, schiebt Verf. gern in den Hintergrund und läßt mit sichtlicher Neigung die metaphysischen Züge besonders auch in der Ausdrucksweise und den philosophischen Belegen stärker hervortreten. Er steht dadurch in einem geraden Gegensatz etwa zu dem Positivisten MACH, bei dem ein ganz irrationalistisch-metaphysisches Geborgenheitsgefühl, das Gefühl des brüderlichen Zusammenhangs mit der ganzen Welt von seiner schlichten Sachlichkeit in den Hintergrund gedrängt wird. — An einer anderen Stelle scheint das Irrationale beim Verf. dagegen etwas zu kurz zu kommen. Für eine radikal zu Ende geführte Zeichentheorie der Erkenntnis nämlich würde wohl der irrationale Rest — was die Erkenntnis anlangt — konzentriert sein auf die Frage, wieso und unter welchen Bedingungen das konstruierte Zeichennetz sich auf die Natur bzw. unser Erleben *anwenden* läßt. Dieses Problem, das vor allem die unendlich schwierigen Fragen der Induktion umfaßt — welchen Voraussetzungen muß die Natur genügen, damit induziert werden kann? —, dieses Problem wird vom Verf. nur in Gestalt methodischer Winke für die Forschung behandelt und weder formuliert noch in seiner prinzipiellen Wichtigkeit gewürdigt. — Sehr erwünscht schließlich wäre es vielleicht auch gewesen, wenn die Abhandlung einmal zusammengestellt und kritisch geprüft hätte, welche empirischen und theore-

[1]) Naturwissenschaftliche Leser können sich jetzt über den nicht unbeträchtlichen Unterschied der WEYLschen und der phänomenologischen Betrachtungsweise schnell orientieren durch Einsicht in die ausführlichen Zitate aus einer phänomenologischen Erörterung des Lichtes: Naturwissenschaften 1926, S. 949, 1. Spalte.

tischen Schwierigkeiten eigentlich dazu drängen, im Atomaren über den Sturz der klassischen Elektrodynamik hinaus die *Kausalität selbst* in Frage zu stellen. Sicherlich wird man sich nicht getrauen dürfen, die Determination jedes Einzelvorganges a priori zu dekretieren: wenn und wo die Statistik Besseres leistet, sei die Kausalität verabschiedet. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß die kausale Determination jedes Einzelvorgangs einer Gedankentendenz entspricht, die geistesgeschichtlich die letzten $3^1/_2$ Jahrhunderte vielleicht am charakteristischsten kennzeichnet, einem Gedanken, der mit der Entwicklung unserer Naturwissenschaft sicherlich viel inniger verwachsen ist als etwa der Glaube an die euklidische Metrik und die absolute Gleichzeitigkeit. Die Relativitätstheorie scheint indes althergebrachte Denkweisen so stark gelockert zu haben, daß man sich heute beim Versagen einer großen Theorie vielleicht zu leicht entschließt, hinter dieser Theorie gleich die allerprinzipiellsten Voraussetzungen in Frage zu stellen. Es könnten übrigens beim Zweifel des Verf.s an der Kausalität im Atomaren auch irrationalistische *Sympathien* beteiligt sein. Bei der Quantenmechanik Schrödingers z. B. ist eine antikausale Interpretation vielleicht weniger naheliegend, als es nach den vorsichtigen Andeutungen Weyls den Anschein hat (S. 142, vgl. S. 158).

Die Gegenwart bezeichnet sich nicht selten als eine neue Blüteperiode der Philosophie. Abseits von den maßgebenden Philosophenschulen scheint wirklich in den letzten Jahrzehnten bei Fachphilosophen und häufiger noch bei philosophischen Vertretern der Einzelwissenschaften sich neues und stolzes philosophisches Leben zu regen. Bei aller Verschiedenheit der Grundgedanken und der philosophischen Bedeutung, die ja erst die Zukunft genauer erweisen wird, ohne schulmäßigen Zusammenhang scheinen diese Denker doch jene fruchtbare Verbindung mit den lebendigen Wissenschaften gemeinsam zu haben, die die klassische Philosophie des 17. Jahrhunderts ausgezeichnet hatte. Poincaré und Mach waren wohl die großen Ahnen und Anreger, Einstein und Hilbert, Duhem und Couturat, Russell und Schlick, Eddington und Weyl und manche andere sind ihnen gefolgt. Das Erscheinen der Weylschen Abhandlung, wohl der weitaus gedankenreichsten und bisher besten Darstellung der modernen naturphilosophischen Probleme, rechtfertigt vielleicht eine solche Besinnung auf die wahrhaft philosophischen Leistungen unserer Zeit. E. Zilsel, Wien.

KOTTJE, FRIEDRICH, **Erkenntnis und Wirklichkeit.** Untersuchungen über die metaphysischen Grundlagen der organischen und anorganischen Natur. (Beihefte zu den Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik Nr. 2.) Leipzig: Felix Meiner 1926. VIII, 185 S. 15 × 23 cm. Preis RM 6.—.

„Es ist wirklich die höchste Zeit der süffisanten Anmaßung von einseitig mathematisch geschulten Köpfen mit ihrer naiven Überschätzung der mathematischen Theorie ein Ende zu machen", meint der Verf. (S. 124). Diese Aufgabe versucht er zu erfüllen, indem er sich an die Raumauffassung Bergsons, den Vitalismus Drieschs, die Erkenntnistheorie des Idealismus, an Lotzes ästhetische Metaphysik der Sinnesqualitäten anlehnt und gelegentlich auch auf okkulte Erscheinungen hinweist. Die dabei an die Theorie angelegten Maßstäbe sind weniger wahr und falsch, fruchtbar und unfruchtbar als tief und platt, feinsinnig und öde u. dgl. Kant, auf den sich Verf. häufig beruft, spricht einmal in Hinblick auf ähnliche Wertmaßstäbe von dem „neuerdings erhobenen vornehmen Ton in der Philosophie". Am selbständigsten scheint die Abhandlung dort, wo sie ihre irrationalistische Metaphysik durch die Anführung zahlreicher, vitalistisch gedeuteter biologischer Erfahrungen sowie durch eine ausführliche, im wesentlichen richtig wiedergegebene Aufzählung der Schwierigkeiten der heutigen Quanten- und Atomtheorie zu stützen versucht. Der philosophisch geschulte Naturforscher wird sich leicht mit dem Verfasser, der eine heute verbreitete Richtung verständig vertritt, darauf einigen, daß wissenschaftliche Theorie in Qualitäten nicht irgendwie innerlich eindringen kann. Aber er wird die unendlich schwierige Aufgabe der quantitativen Abbildung der Qualitäten — „es ist *nicht schwer* auf dem Gebiet der Biologie die mechanische Weltansicht zu widerlegen", meint z. B. sehr mit Unrecht der Verf. (S. 122) — ernster nehmen und wird vorsichtig bezweifeln, daß die kulturellen, ästhetischen und ethischen Gemütsbedürfnisse der städtischen Mittelklasse gerade des heutigen Mitteleuropa uns die doch recht vielseitige Natur in ihrem metaphysischen Kern von innen erschließen. E. Zilsel, Wien.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Festes Helium. Seit Kamerlingh Onnes 1908 das Helium zum ersten Male verflüssigte, sind im Leydener Laboratorium verschiedene Versuche zur Verfestigung dieses Gases gemacht worden.

Es lag sehr auf der Hand, dies durch Erniedrigung der Temperatur zu versuchen. Am selben Tag der ersten Heliumverflüssigung reduzierte Kamerlingh Onnes den Verdampfungsdruck schon bis unter 1 cm. In dem Lauf der Jahre wurde dieser Druck noch erniedrigt: 1919 wurde er mittels einer Batterie von Kondensationspumpen bis unter $^1/_{30}$ mm herabgesetzt. Aber immer blieb das Helium flüssig.

Hieraus ist schon ersichtlich, daß höchstwahrscheinlich die Schmelzkurve im p-t-Diagramm nach den niedrigen Temperaturen sich der Temperaturachse nicht länger nähert. Bleibt dies so bis zum absoluten Nullpunkt, so wird es unmöglich sein, durch Erniedrigung des Verdampfungsdruckes festes Helium zu bekommen.

Diese und ähnliche Erwägungen zeigen, von wie großer Wichtigkeit die Kenntnis der Schmelzkurve des Heliums ist.

Wenn auch die Verfestigung des Heliums das nächste Ziel der letzten Untersuchungen von Keesom war, so ist hieraus doch das wissenschaftlich weit wichtigere Studium der Schmelzkurve hervorgekommen.

Merkwürdig ist es, daß man schon vor diesen Untersuchungen aller Wahrscheinlichkeit nach das Helium in festem Zustand gehabt hat, und zwar, wie Keesom nachher aus den betreffenden Kurven abzulesen meinte, während den Untersuchungen von Kamerlingh Onnes und Sizoo über den Einfluß allseitigen Druckes auf die Suprakonduktivität. Bei diesen Untersuchungen befand sich der zu untersuchende Widerstand innerhalb einer starken, festverschlossenen Kupferröhre, durch deren Deckel zwei neusilberne Capillarröhren steckten. Durch das eine waren die Drähte zur Widerstandsmessung gezogen worden, während durch das andere Helium eingeführt und unter Druck gebracht werden konnte. Nun ergaben die Messungen

einen überraschend geringen Unterschied in den Widerstandskurven bei 193 und bei 300 kg/qcm und, wie KEESOM bemerkt hat, ist es höchst wahrscheinlich, daß zwischen diesen beiden Reihen von Messungen das Helium entweder in der Capillarröhre oder innerhalb der kupfernen Röhre in unregelmäßiger Weise zum Teil fest geworden war, so daß Erhöhung des auf das Helium ausgeübten Druckes nicht die entsprechende Erhöhung des Druckes auf den untersuchten Draht erzeugte. Aus der untenstehenden Kurve ist ersichtlich, wie man gerade in diesem Druckgebiet dies hätte erwarten können.

Die Methode zur Untersuchung der Schmelzkurve des Heliums war die nämliche, wie die von KAMERLINGH

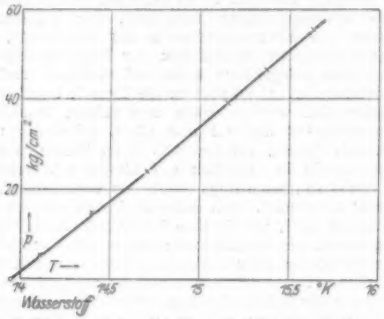


Fig. 1. Schmelzkurve des Wasserstoffs.

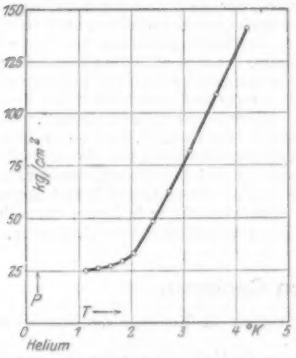


Fig. 2. Schmelzkurve des Heliums.

ONNES und VAN GULIK zur Bestimmung der Schmelzkurve des Wasserstoffs gebrauchte. Das zu verfestigende Helium befand sich in der capillaren Verbindungsröhre zweier neusilbernen Röhren. In dieser Capillarröhre wurde das Helium komprimiert in einem Heliumbad, das man durch Regulierung des Verdampfungsdruckes auf verschiedene Temperaturen bringen konnte. Das Festwerden nahm man mittels eines Differentialmanometers wahr. Rief ein in der einen neusilbernen Röhre ausgeübter Druck durch Verstopfung der Capillarröhre einen Druckunterschied zwischen den beiden neusilbernen Schenkeln hervor, so wurde dies galvanometrisch angezeigt.

In den obenstehenden Figuren sind zur Vergleichung die Schmelzkurven des Wasserstoffs und des Heliums gegeben. Man sieht, wie abweichend das Verhalten des letzteren Gases ist und von wieviel Interesse weitere Untersuchungen bei noch niedrigeren Temperaturen sein werden. G. L. DE HAAS-LORENTZ.

Schwingende Uhren. Die Vermutung liegt nahe, daß der Gang einer Uhr geändert wird, wenn man sie bewegt; insbesondere werden periodische Bewegungen unter Umständen einen bedeutenden Einfluß ausüben können. Nun zeigt ein einfacher Versuch, daß eine gehende Uhr, die an einem Nagel lose aufgehängt ist, nicht in der Gleichgewichtslage verharrt, sondern als physikalisches Pendel kleine Schwingungen ausführt. Diese Schwingungen werden durch die Unruhe erregt, die mit dem Gehäuse durch die Spiralfeder gekoppelt ist und die im allgemeinen eine Eigenschwingungsdauer $T = 0{,}4$ sek besitzt; dagegen hängt die Schwingungsdauer T' der Pendelbewegung von der Masse der Uhr und der Lage der Aufhängeachse ab, kann also durch kleine Zusatzmassen usw. etwas geändert werden. Gelingt es nun, die Schwingungsdauer T' in weiten Grenzen zu ändern, so kann auf diese Weise der Einfluß rascher und langsamer periodischer Bewegungen auf den Gang der Uhr untersucht werden. Eine besonders geschickte Versuchsanordnung haben A. JAQUEROD und H. MÜGELI[1]) angewandt und damit auch gute Erfolge erzielt.

Fig. 1. Aufhängevorrichtung für eine durch ihren Gang Drehschwingungen erzeugende Uhr.

Die stillstehende Uhr wird auf eine horizontale, mit Stoff bedeckte Platte gelegt, die an einem Stahldraht aufgehängt ist (Fig. 1). Dieses Torsionspendel kann Drehschwingungen in horizontaler Ebene ausführen, deren Schwingungsdauer T' von den Abmessungen des Aufhängedrahtes, seiner Elastizität und dem Trägheitsmomente der bewegten Massen abhängt. Ändert man die Einspannlänge L des Drahtes, so ändert sich T' proportional mit $\sqrt{L}$, wie aus der Theorie dieser Schwingungen bekannt ist und auch im vorliegenden Falle durch einen Vorversuch bestätigt werden konnte. Wird die Uhr nun in Gang gesetzt, so wird auf das Torsionspendel ein Zwang mit der Periode T ausgeübt, der das System nach dem Abklingen der gedämpften Eigenschwingungen in Zwangsschwingungen von gleicher Periode versetzt. Dabei werden die Schwingungsausschläge durch Luftreibung, innere Reibung des Aufhängedrahtes usw. stark beeinflußt. Um ein Bild über die Wirkung dämpfender Widerstände zu erhalten, wird an die Platte ein Messingrohr angelötet, das während der folgenden Versuche in zähes Öl eingetaucht wird. Durch Ändern der Eintauchtiefe kann ein in weiten Grenzen veränderlicher zusätzlicher Dämpfungswiderstand erzeugt werden.

Zunächst werden die *Amplituden* der Torsionsschwingungen bei veränderlicher Länge L des Aufhängedrahtes bestimmt. Die gesamten Ergebnisse dieser Untersuchung können aus der Theorie der erzwungenen Schwingungen erklärt werden. Ist nämlich die Einspannlänge L des Drahtes klein, so erfolgen die Schwingungen der Platte bei entsprechender Wahl des Aufhängedrahtes bedeutend rascher als die der Un-

[1]) Arch. d. scienc. phys. et nat. (5) 8, 49—64. 1926.

ruhe, und die Amplituden des Torsionspendels sind daher klein. Verlängert man den Draht, so nähert sich die Eigenschwingungsdauer des Systems derjenigen der Unruhe, und die Ausschläge wachsen. Ist T' gleich der Eigenschwingungsdauer T der Unruhe geworden, so erreichen die Ausschläge bei schwacher Dämpfung ein Maximum; bei stärkerer Dämpfung dagegen tritt das im Betrage natürlich kleinere Maximum bereits vor dem Erreichen des Resonanzpunktes, also für $T' < T$ auf. Wird der Draht noch länger gemacht, also $T' > T$, so nehmen die Ausschläge wiederum ab, und zwar bis zu einem Grenzwerte, der einem unendlich langen Drahte entspricht. In diesem Falle ist $T' = \infty$ geworden, da der Draht keinerlei Zwang mehr auf das System auszuüben vermag. Die dann auftretenden Ausschläge werden gemessen, indem man die Uhr auf eine horizontale Platte legt, die an einer vertikalen, leicht drehbaren Achse befestigt ist. Die gesamten Untersuchungsergebnisse von einer Schiffsuhr sind in Fig. 2 dargestellt. Als Ordinaten sind die von der Gleichgewichtslage aus gemessenen Ausschläge in Graden und als Abszissen die zu $\sqrt{L}$ proportionalen Schwingungsdauern T' aufgetragen. Kurve 1 wurde bei natürlicher Dämpfung durch Luftwiderstand usw. gewonnen, während bei den Kurven 2 und 3 eine zusätzliche Dämpfung durch den Messingzylinder erfolgte. Sehr schön ist dabei die Verschiebung des Ausschlagmaximums bei starker Dämpfung zu erkennen.

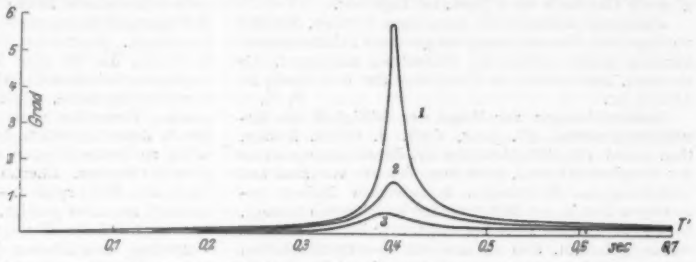


Fig. 2. Amplituden der Torsionsschwingungen bei verschiedener Dämpfung.

Die zweite Messung betrifft die Untersuchung des *Ganges der Uhr* bei verschiedener Länge des Aufhängedrahtes, also veränderlichem T'. Bei ruhender Platte wird kein Einfluß auf den Gang ausgeübt. Ist T' sehr klein, so ist die Phasenverschiebung zwischen Zwang und erzwungener Schwingung fast Null, d. h. Unruhe und Platte schwingen gleichsinnig. Offenbar wird dann T vergrößert und die Uhr geht *nach*. Mit wachsendem T' nehmen die Amplituden des Torsionspendels zu, wodurch sich das Nachgehen verstärkt und ein Maximum in unmittelbarer Nähe des Resonanzpunktes erreicht. Beim Überschreiten des Resonanzpunktes springt die Phase der Schwingungen um π, also schwingen Unruhe und Platte nunmehr gegensinnig, was starkes *Vor*gehen der Uhr zur Folge hat. Diese Unstetigkeit tritt ganz plötzlich ein, selbst dann, wenn man T' durch Auflegen winziger Metallstückchen auf die Platte nur wenig ändert. Allerdings kann durch vorsichtiges Erhitzen des Drahtes, wodurch die Drahtlänge und die Drahtelastizität etwas geändert wird, der Resonanzpunkt überschritten werden, ohne daß der Sprung eintritt; jedoch ist dieser Zustand dann labil, so daß die geringste Erschütterung das Umspringen vom Nach- zum Vorgehen auslöst. Je weiter sich T' vom Resonanzpunkte entfernt, um so geringer wird wegen der abnehmenden Amplituden der Einfluß auf die Uhr. Bei starker Dämpfung ergeben sich natürlich geringere Störungen des Ganges, da die Amplituden stets klein sind. In Fig. 3 sind für drei verschiedene Dämpfungen, die schon bei der ersten Versuchsreihe benutzt wurden, die Versuchsergebnisse graphisch aufgetragen. Als Abszisse wurde T' und als Ordinate das entsprechende Nachgehen der Uhr in sek/Tag gewählt. Wie hieraus hervorgeht, konnte der Gang der Uhr um mehr als 1800 sek = 30 min. im Tag geändert werden.

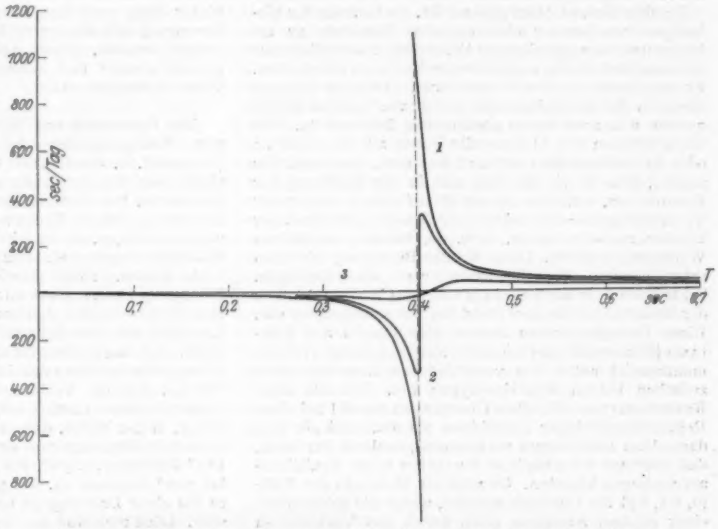


Fig. 3. Änderung des Ganges der Uhr bei verschiedener Dämpfung.

Ähnliche Betrachtungen gelten für die an einem Nagel oder besser an einer Schneide aufgehängte Uhr, die ein physikalisches Pendel mit der Schwingungsdauer T' darstellt. Bei einer großen Herrenuhr ist $T' > T$; sie geht also vor, während eine kleine Damenuhr wegen $T' < T$ nachgeht.

Überhaupt wird der Gang jeder Uhr, die nicht starr festgehalten wird, gestört. Um dies nachzuweisen, wurde eine Schiffsuhr auf eine Gummiplatte gelegt. Die Richtkraft einer solchen Platte ist im Vergleich mit dem Stahldraht sehr groß, so daß T' äußerst klein ist, was Nachgehen der Uhr zur Folge hat. In dem betreffenden Falle ergaben sich 0,6 sek im Tage. Ferner wurde eine Uhr mit konvexem Boden auf eine Marmorplatte gelegt, was dem Falle freier Beweglichkeit entspricht und auf Vorgehen schließen läßt. In der Tat ging die Uhr auch um 0,7 sek. im Tage vor.

Zusammenfassend wird man sagen können, daß der vorliegenden Untersuchung bei genauen Zeitmessungen insofern große praktische Bedeutung zukommt, als sie zeigt, daß auf starres Festhalten der Uhr streng zu achten ist. P. R.

Untersuchungen zur Frage der Gültigkeit des Resultantengesetzes. (G. Just, Verh. d. Dtsch. Zoolog. Ges. 1926.) Die Gültigkeit des sog. Resultantengesetzes der Tropismentheorie, nach dem sich ein von zwei aus verschiedenen Richtungen kommenden Reizen getroffenes Tier in der Richtung der Resultanten bewegt, wurde für einzelne Tiere bestätigt, für viele andere aber wurde gefunden, daß sie anderen Gesetzmäßigkeiten gehorchen. Just versucht in der vorliegenden Arbeit, die als Ausgangspunkt einer größeren Untersuchungsreihe über dieses Gebiet geplant ist, die Gründe der bisherigen voneinander abweichenden Resultate zu erfassen und eine gemeinsame theoretische Grundlage für die verschiedenartig ausgefallenen Versuche zu schaffen. Er experimentierte mit Seesternen (Asterias rubens), die er in der Dunkelkammer durch zwei gleiche Lichtquellen von zwei Seiten gleichmäßig beleuchtete. Die Tiere krochen nun a) entweder direkt auf ein Licht zu oder in Zickzacklinie erst auf das eine, dann auf das andere, oder b) sie krochen erst in der Richtung der Resultanten, um dann α) vor β) auf oder γ) hinter der Verbindungslinie der beiden Lichtquellen auf eines der Lichter zuzuschwenken, bzw. sie blieben an diesem Wendepunkt sitzen. Diese Art der Bewegung mit ihren verschiedenen Modifikationen war die häufigste. Schließlich kam noch c) ein gradliniges Weiterverfolgen der Resultanten bis zum Rand des Versuchsgefäßes vor. Diese Bewegungsarten deuten also sowohl auf Telotaxis (Fixierreaktion) wie auch auf Tropotaxis (Tropismentheorie) nebst den verschiedenen Zwischenstufen zwischen beiden Reaktionstypen hin. Da alle diese Reaktionstypen mit allen Übergängen sowohl bei einer Reihe verschiedener Individuen als auch bei ein und demselben Individuum vorkommen, schließt der Verf., daß hier nur verschiedene Varianten einer Reaktionsart vorliegen könnten. Obwohl die Mehrzahl der Fälle (a, $b\alpha$, $b\beta$) für Telotaxis spräche, werde die Möglichkeit einer solchen Annahme doch durch das Vorkommen der Tropotaxisformen $b\gamma$ und besonders c hinfällig. Nach einigen weiteren theoretischen Überlegungen, die gleichfalls der Widerlegung der möglichen Annahme einer Fixierreaktion gelten, kommt der Verf. zu dem Schluß, daß es sich bei dem Verhalten der Seesterne nur um Reaktionen der Erregungssymmetrie, also um tropotaktische Reaktionen handeln könne. Sehr instruktiv für diese Auffassung ist das Verhalten der Tiere an den obenerwähnten Wendepunkten der Kriechrichtung, an denen nicht das Tier, sondern nur die Bewegungsrichtung wendet. In der Nähe dieses Punktes verlangsamt das Tier seine Bewegung, die beiden in diesem Fall nach vorn gerichteten Arme kriechen in entgegengesetzter Richtung so lange auseinander, bis wieder eine einheitliche zentral geleitete Bewegung zu einer der Lichtquellen hin einsetzt. Es spielt sich also gewissermaßen ein Kampf der einzelnen Teile des Tieres um die Bewegungsrichtung hier ab. Die Entscheidung in diesem Kampf ist eine „zufällige", wobei das Wort Zufall „im Sinne des Vorhandenseins einer Mannigfaltigkeit kausaler Einzelfaktoren" aufzufassen ist. Als einer dieser Einzelfaktoren wurde die Unterschiedsempfindlichkeit festgestellt: Wird vor Versuchsbeginn die Spitze eines Armes — dort befinden sich die Augen der Seesterne — lokal beleuchtet, so erhält in dem folgenden Zweilichterversuch der diesem Arm benachbarte Arm ein relatives Reizplus, das die Bewegungsrichtung am Wendepunkt im positiven Sinne beeinflußt. Als zweiter Faktor kommt eine Latenzzeit in Frage, die bis zum Wirksamwerden eines Reizes vorhanden sein kann. So kann also ein Arm, der bisher die Führung hatte, diese in mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen noch einige Zeit beibehalten, wodurch dann natürlich leicht Erregungsdisymmetrien schon zu Versuchsbeginn entstehen, die erst allmählich geändert werden. Ebenso können auch mnemische Einflüsse eine Rolle spielen. — Es hat sich also hier hauptsächlich zweierlei gezeigt, daß nämlich 1. auch scheinbar telotaktische Bewegungen doch tropotaktischen Ursprungs sein *können* (einwandfrei als telotaktisch festgestellte Bewegungen anderer Tiere werden hierdurch natürlich nicht berührt, d. Ref.) und daß 2. hinter einer nach dem Resultantengesetz verlaufenden Bewegung sich die verschiedensten Mechanismen verbergen können, deren Analyse die weitere Aufgabe physiologischer und schließlich auch psychologischer Untersuchungen ist. K. Baldus.

Der Farbensinn von Hippolyte, zugleich ein Beitrag zum Bewegungssehen der Krebse. (C. Schlieper, (Verhandl. d. dtsch. zool. Ges. 1926.) Eine neue Methode zur Untersuchung des Farbensinnes benutzte Schlieper bei Untersuchungen an dem Meereskrebse Hippolyte. Dieser Krebs besitzt langgestielte, sehr bewegliche Augen, die so miteinander gekoppelt arbeiten, daß beide Augenstiele stets eine fast gerade horizontale Linie bilden. Diese Einrichtung dient offenbar zur Erlangung eines stets maximalen Gesichtsfeldes. Dreht man Hippolyte, der sich normalerweise im horizontalen Lichtfeld mit dem Schwanz gegen die Lichtquelle einstellt, auf einem Drehtisch bei konstanter Lage einer Lichtquelle im Sinne des Uhrzeigers, so ändert sich der Winkel, den die Verbindungslinie der beiden Augen (Augenlinie) vorn rechts mit der Längsachse des Körpers bildet, in der Weise, daß er bei einer Drehung von 90° etwa sein Minimum von 65° erreicht, dann wieder bei 180° Drehung ca. 70°, bei 270° Drehung ca. 80° und bei 360° Drehung ca. 90° groß wird. Umgekehrt wird es bei einer Drehung im entgegengesetzten Uhrzeigersinn. Läßt man nun um das Tier einen innen abwechselnd schwarz und weiß gestreiften Zylinder rotieren, so drehen sich die Augen in der gleichen Weise mit, während sie bei der Rotation eines einfarbigen Zylinders in Ruhe bleiben. Diese Erscheinung wurde nun von Schlieper zur Prüfung des Farbensinnes benutzt, indem er Zylinder aus 12 verschiedenen Heringschen Graupapieren (hell-dunkel) mit vertikalen Streifen von ein und demselben farbigen Papier beklebte. Dann mußte bei einem dieser Zylinder die Farbe für das Tier ungefähr die gleiche Helligkeit wie das betreffende umgebende Grau besitzen, es durfte also dann *nur* eine Reaktion eintreten, wenn das Tier die Farbe an ihrer Qualität und nicht an ihrer Helligkeit erkannte. Tatsächlich zeigte sich nun, daß für jede der untersuchten Farben (Rot, Orange, Grün, Blau) einige Grau existierten, bei denen die Tiere keine Reaktion zeigten. Hippo-

lyte verhält sich also in diesen Versuchen so, *als ob* sie farbenblind wäre, ein Resultat, das früheren Versuchen von GAMBLE und KEEBLE über die Farbanpassung von Hippolyte, die auf einen wohlausgebildeten Farbensinn hindeuteten, *scheinbar* widerspricht. Dieser Widerspruch ist so zu erklären, daß ein Tier sich je nach den Versuchsbedingungen und den untersuchten Reaktionen als farbenblind oder als farbentüchtig erweisen kann, daß m. a. W. vermutlich für die Chromatophorenreflexe und für die Augenstielbewegungen verschiedene zentrale Schaltungen vorhanden sind, von denen die einen Farbreaktionen zulassen, während die anderen dafür untauglich sind. K. BALDUS.

Zur Biologie des Leberegels (Fasciola hepatica) liefern WEINLAND und v. BRAND einen interessanten Beitrag (Zeitschr. f. vergl. Physiol. **4**, 212. 1926). Sie gewannen ihr Material aus den Schlachthöfen der fränkischen Gegend in den Jahren 1923—1925, als unter den dortigen Schafen eine heftige Leberegelseuche wütete. In den einzelnen Lebern fand man durchschnittlich bis zu 150 Stück, vereinzelt wurden 400 Parasiten in einem Organ gezählt. Die Tiere lassen sich bis zu 36 Stunden in Schafsblut überlebend halten, wobei ihr Stoffwechsel genau untersucht werden konnte. Aus den hierbei gewonnenen Werten wird geschlossen, daß Fasciola, ähnlich wie der Spulwurm (Ascaris), die zum Leben notwendige Energie durch einen Gärungsprozeß gewinnt, bei dem Glykogen in Fettsäuren übergeführt, und diese in Kohlensäure und Wasser aufgespalten werden. Die in den Lebern aufgefundenen Parasiten werden in 2mal 2 Gruppen eingeteilt, einmal nach der Füllung ihres Darmes in „darmleere" und „darmvolle", ferner nach den Fundorten in Gallengangstiere, die in der Leber sitzen, und solche Tiere, die sich in der Gallenblase und den dazugehörigen äußeren Gallengängen aufhalten. Auf Grund genauer Zählungen wird angenommen, daß die Leberegel ihre Nahrung in den Gallengängen der Leber aufnehmen, um dann vollgefressen in den Ductus choledochus, cysticus und hepaticus herabzusteigen, wo sie die aufgenommene Nahrung verarbeiten. Im Hungerzustand steigen sie dann wieder in die Lebergallengänge hinauf. Es läßt sich berechnen, daß ein Leberegel täglich 29 mg Lebersubstanz im Durchschnitt verzehrt, so daß 100 dieser Parasiten, die sich häufig zusammen in einem Organ finden, in einem Monat $^1/_{22}$ der Leber eines Schafes auffressen können. Berücksichtigt man ferner, daß auch noch die von den Egeln produzierten Gifte das Wirtstier empfindlich schädigen können, so erkennt man, welchen Schaden diese Schmarotzer in den Schafbeständen anrichten. (Aus den Ber. über die ges. Physiol.) FRITZ LAQUER.

Contributions to the knowledge of the vegetation of the Canary Islands. (F. BOERGESEN, Mém. acad. royale d. sci. et lettr. de Danemark, Sect. des sciences, 8me sér. VI, Nr. 3, Kopenhagen 1924, 116 S. mit 58 Textfig.) Vegetation und Flora der makaronesischen Inseln, erstere besonders durch ihre der europäischen Landschaft fremden, subtropischen Formationen mit den mannigfachen sich an diese anknüpfenden ökologischen Problemen, letztere vor allem durch die Vielseitigkeit ihrer Beziehungen und ihren Reichtum an endemischen Arten, haben von jeher die Aufmerksamkeit und das Interesse der Pflanzengeographie in starkem Maße auf sich gezogen. So existiert gerade über dieses Gebiet eine reiche Literatur, die in neuerer Zeit in der Flora von PITARD und PROUST (1908) und in der in den Veröffentlichungen der Deutschen Tiefsee-Expedition erschienenen Vegetationsmonographie von SCHENCK (1907) eine zusammenfassende Bearbeitung gefunden hat. Daß aber das Gebiet trotzdem noch reichlich Forschungsgelegenheit bietet, zeigt die vorliegende Abhandlung, deren Verfasser nicht eine Gesamtdarstellung anstrebt, sondern sich die Aufgabe stellt, die Flora und Vegetation kleinerer Distrikte an der Hand seiner auf den Inseln Teneriffa und Gran Canaria angestellten Beobachtungen so vollständig und eingehend wie möglich zu schildern. So ergibt sich ein vor allem in vielen Einzelzügen wesentlich vertiefter Einblick in eine beschränkte Zahl zweckentsprechend ausgewählter Formationen; es sind dies aus der unteren Region die Vegetation des Sandstrandes der Dünen, des felsigen Strandes, der trockenen Flächen und Hügel, der felsigen Abhänge und der Lavafelder, aus der montanen Region der einer klassischen Berühmtheit sich erfreuende Lorbeerwald mit der anschließenden Macchie und der Kiefernwald. Für jede dieser Formationen wird durch Listen die floristische Zusammensetzung mitgeteilt und wird das „biologische Spektrum" im Sinne der RAUNKIAERschen Lebensformenlehre ermittelt, woran sich in vielen Fällen noch die Erörterung wichtiger Einzelanfragen anknüpft, von denen z. B. der Vergleich der Vegetation der trokkenen Flächen und Hügel mit der der Randzone der Wüste erwähnt sei. Die Schilderung der Physiognomie und der ökologischen Verhältnisse der Formationen als Ganzes und ihrer wichtigeren Einzelarten ist meist eine überaus eingehende und manches Neue bringende und wird durch die in reichlicher Zahl beigefügten Abbildungen besonders anschaulich gestaltet.
W. WANGERIN.

Astronomische Mitteilungen.

Die Sterne der Spektralklasse B mit hellen Wasserstofflinien. Das große auf der Harvard Sternwarte ausgeführte Durchmusterungswerk der Sterne nach ihren Spektren, das unter dem Namen „Henry Draper Catalogue" bekannt ist, hat gezeigt, daß das Auftreten von Emissionslinien in Sternspektren relativ selten ist. Wir finden im allgemeinen nur an den beiden Enden der Spektralreihe Sterne, in deren Spektren helle Linien vorkommen. In der Klasse M sind es die langperiodischen Veränderlichen, die sowohl helle Wasserstoff- als auch Eisen- und Titanlinien zeigen, am anderen Ende der Spektralreihe ist vor allem der Typus O durch das Auftreten heller Wasserstoff- und Heliumlinien gekennzeichnet. Man findet aber auch in der benachbarten Spektralklasse B zuweilen Sterne, in deren Spektren helle Linien des Wasserstoffes vorkommen. R. H. CURTISS gibt im „Journ. of the Roy. Astron. Soc. of Canada **20**, 19 (Januar/Februar 1926) eine Statistik dieser B-Sterne mit Emissionslinien (Be-Sterne), die über ihre Natur einige Schlüsse zu ziehen erlaubt.

Die Gesamtzahl der bisher aufgefundenen Be-Sterne beträgt 230, auf je 1000 Sterne des Draper Katalogs kommt also nur ein solcher Stern. Von weiteren 60 wird vermutet, daß sie zu dieser Klasse gehören. Die Verteilung der Be-Sterne am Himmel gleicht derjenigen der gewöhnlichen B-Sterne, sie treten am häufigsten in der Nähe der Milchstraße auf, doch kommen einzelne Gruppen auch in größeren galaktischen Breiten vor, so z. B. eine Anhäufung von 6 Be-Sternen in $-45°$ galaktischer Breite.

Die Häufigkeit des Vorkommens von Sternen mit hellen Wasserstofflinien in den frühen Spektralklassen kann etwa durch folgende Zahlen veranschaulicht werden:

Spektralklasse Ao:
1 Stern mit Emissionslinien auf 6320 gewöhnl. Sterne,
Spektralklasse B9:
1 Stern mit Emissionslinien auf 917 gewöhnl. Sterne,
Spektralklasse B8:
1 Stern mit Emissionslinien auf 123 gewöhnl. Sterne,
Spektralklasse Bo—B5:
1 Stern mit Emissionslinien auf 15 gewöhnl. Sterne,
Spektralklasse O5—O9:
1 Stern mit Emissionslinien auf 8 gewöhnl. Sterne.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung deutlich, daß die Bedingungen für das Auftreten von Wasserstoffemissionen um so günstiger werden, je früher der Spektraltypus des Sternes ist. Das gibt sich auch schon darin zu erkennen, daß 133 Be-Sterne den Unterabteilungen Bo—B3 angehören.

Die Zahl der hellen Wasserstofflinien beträgt im allgemeinen 2 bis 3, doch scheinen die helleren Sterne mehr Emissionslinien zu zeigen als die schwächeren. Dabei ist Hα immer die kräftigste Linie, und die Zahl der hellen Linien ist abhängig von der Intensität von Hα. Bei kräftiger Hα-Emission sind 3 bis 4 Linien hell, ist Hα nur ganz schwach sichtbar, so kann nur noch Hβ als helle Linie erkannt werden. Auch zeigen die Sterne der früheren Unterabteilungen (B2e) mehr helle Linien als die der späteren (B8e). Die Intensität der Emissionslinien nimmt von Hα nach den höheren Gliedern der Balmerserie ab. Hierin unterscheiden sich die Be-Sterne prinzipiell von den langperiodischen Veränderlichen des Spektraltypus M, bei welchen meistens Hδ die hellste Emissionslinie ist.

Die absolute Helligkeit der Be-Sterne ist größer als die der gewöhnlichen B-Sterne derselben Spektralklasse. Das läßt sich schon aus den Eigenbewegungen der Be-Sterne erkennen, welche bei gleicher scheinbarer Helligkeit der Sterne deutlich kleiner sind als die der gewöhnlichen B-Sterne, was auf größere Entfernung, also größere absolute Helligkeit hindeutet. Noch deutlicher zeigen die in bewegten Sternhaufen (Plejaden, Perseus, Scorpio-Centaurus) vorkommenden Be-Sterne diese Eigenschaft. Auch schon die Spektren der Be-Sterne weisen auf große absolute Helligkeit hin, da sie schmale Linien (c-Charakter) haben, was im allgemeinen ein Zeichen für große absolute Helligkeit ist.

Vom Standpunkt des Theoretikers betrachtet S. Rosseland das Vorkommen heller Linien in B-Spektren in einer Arbeit im Astrophys. Journ. **63**, 218 (Mai 1926). Er zeigt, daß das Auftreten von Emissionslinien in Sternspektren im wesentlichen durch die relative Höhe der Sternatmosphäre gegenüber dem Kern bedingt ist. Bei Sternen hoher Temperatur (B-Sternen) mit sehr ausgedehnter Atmosphäre sind in den äußeren Schichten die Bedingungen für das Auftreten von Fluorescenzstrahlung günstig, und das Erscheinen heller Wasserstofflinien im Spektrum kann nach Rosseland als Fluorescenzerscheinung erklärt werden. Die beobachteten Intensitäten der in Emission auftretenden Linien stützen diese Erklärung auch, da Hα immer am kräftigsten ist, wie es nach der Theorie der Fall sein muß. Diese Erklärung kommt jedoch nur für O- und B-Sterne in Frage, während für die langperiodischen Veränderlichen Fluorescenzerscheinungen wegen der niedrigen Temperatur der Sterne nicht herangezogen werden können. Die Erklärung des Auftretens der Emissionslinien scheint bei diesen Sternen viel schwieriger zu sein, auch müßte eine vollständige Theorie dieser Erscheinung die erwähnte merkwürdige Intensitätsverteilung mit erklären.

Otto Kohl.

Die Gruppe kleiner Nebel in Coma und Virgo untersuchen Shapley und Ames in Harvard Circular 294. Die Objekte stehen in einer der nebelreichsten Gegenden des Himmels, das Zentrum der Gruppe liegt bei 12^h20^m Rektaszension und + 13° Deklination. Auf ein Areal von 100 Quadratgrad kommen 103 kleine Nebel, zwei Drittel davon liegen innerhalb 5° Abstand von dem genannten Zentrum der Gruppe. Sie gehören alle zur Klasse der nichtgalaktischen Nebel und verteilen sich ihrer Form nach auf die kugelförmigen, ovalen, Spindel- und Spiralnebel.

Die Gesamthelligkeiten dieser Nebel sind durch Aufnahmen kleinen Maßstabes bestimmt worden, auf denen ihre Bilder vollkommen sternartig erscheinen. Die photographischen Helligkeiten von 70% der untersuchten Nebel liegen zwischen 11^m8 und 13^m0, die Objekte sind also alle verhältnismäßig lichtschwach. Die scheinbaren Durchmesser sind auf Platten mit größerem Skalenwert bestimmt worden. Für die meisten Nebel bleiben sie unter 1 Bogenminute und erreichen nur für einige wenige 5 Bogenminuten.

Shapley und Ames betrachten die Gesamtheit dieser Nebel wegen ihrer Verteilung, Helligkeit und Durchmesser als ein physisch zusammengehöriges System und versuchen unter Verwendung der von ihnen bestimmten Helligkeiten die Entfernung der Gruppe abzuschätzen. Dabei nehmen sie an, daß die Gesamthelligkeit der Nebelchen im allgemeinen vergleichbar ist mit derjenigen der uns näher stehenden und deshalb heller und in ausgeprägter Spiralstruktur erscheinenden Objekte wie Messier 33, 81, 101 und N.G.C. 2403. Auf Grund dieser Annahmen leiten die Verfasser für die Coma-Virgo-Nebelgruppe eine Entfernung von der Größenordnung 10 Millionen Lichtjahre ab und berechnen damit die linearen Durchmesser der Nebelchen auf 5—10 Tausend Lichtjahre. Ihre absolute Helligkeit würde sich mit der genannten Entfernung zu etwa -15^m ergeben.

Inwieweit diese Zahlen der Wirklichkeit auch nur der Größenordnung nach entsprechen, hängt natürlich vollkommen von der Richtigkeit der gemachten Annahmen ab. Gerade über die Natur der untersuchten kleinen Nebel gehen aber die Meinungen der Nebelforscher auseinander. Während die eine Gruppe, zu der sich auch Shapley stellt, diese Nebelchen als vergleichbar mit Spiralnebeln ansieht, sind andere Nebelbeobachter der Meinung, daß diese Objekte nur in bezug auf ihre Verteilung am Himmel, ihre Geschwindigkeiten und Spektren sowie ihre regelmäßige Form den Spiralnebeln nahestehen, ohne jedoch wirkliche Vertreter dieser Klasse zu sein. Trifft diese letztere Ansicht zu, so ist damit der Shapleyschen Entfernungsbestimmung die Stütze entzogen. Man wird vorläufig abwarten müssen, welche neuen Argumente zugunsten der einen oder der anderen Ansicht aufgefunden werden können, und wird solange die Shapleysche Entfernung der Nebelgruppe mit einer gewissen Reserve betrachten.

Otto Kohl.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.